



TUGAS AKHIR - TL141584

**PENGARUH PENAMBAHAN SERAT
CANGKANG KELAPA SAWIT (PALM KERNELL
FIBER) TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN
STABILITAS TERMAL KOMPOSIT
EPOKSI/POLI(AMINO AMID)/SERAT
CANGKANG KELAPA SAWIT UNTUK APLIKASI
PAPAN PARTIKEL**

**OLGA LEONEV VASDAZARA
NRP 2710 100 046**

**Dosen Pembimbing
Dr.Eng Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc.
Sigit Tri W., S. Si., M.Si., Ph. D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - TL141584

EFFECT OF PALM KERNELL FIBER ON MECHANICAL PROPERTIES AND THERMAL STABILITY COMPOSITE EPOKSI / POLY (AMINO AMID) / FIBER PALM OIL PALM FOR PARTICLE BOARD APPLICATIONS

OLGA LEONEV VASDAZARA
NRP 2710 100 046

Advisors

Dr.Eng Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc.
Sigit Tri W., S. Si., M.Si., Ph. D.

MATERIALS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**PENGARUH PENAMBAHAN SERAT CANGKANG
KELAPA SAWIT (PALM KERNELL FIBER)
TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STABILITAS
TERMAL KOMPOSIT EPOKSI/POLI(AMINO
AMID)/SERAT CANGKANG KELAPA SAWIT
UNTUK APLIKASI PAPAN PARTIKEL**

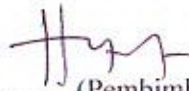
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Material Inovatif
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
OLGA LEONEV VASDAZARA
NRP. 2710 100 046

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Eng Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc. (Pembimbing I)



2. Sigit Tri W., S. Si., M. Si., Ph. D.. (Pembimbing II)



**PENGARUH PENAMBAHAN SERAT CANGKANG
KELAPA SAWIT (PALM KERNELL FIBER)
TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STABILITAS
TERMAL KOMPOSIT EPOKSI/POLI(AMINO
AMID)/SERAT CANGKANG KELAPA SAWIT
UNTUK APLIKASI PAPAN PARTIKEL**

Nama Mahasiswa : Olga Leonev Vasdazara
NRP : 2710 100 046
Departemen : Teknik Material
Dosen Pembimbing : Dr.Eng Hosta Ardhyana, S.T.,M.Sc.
Sigit Tri W., S. Si., M. Si.,Ph. D.

ABSTRAK

Epoksi adalah jenis polimer termoseting dengan kekuatan tarik, stabilitas termal yang tinggi dibandingkan jenis polimer lainnya. Tetapi pada aplikasi yang dibutuhkan sifat fleksibilitas tinggi, epoksi menunjukkan performa yang rendah. Maka dibutuhkan material tambahan berupa pengisi serat alam untuk meningkatkan sifat mekanik dan stabilitas termal dari epoksi. Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan material Biopolimer dan memiliki sifat mekanik, dan stabilitas termal yang baik pada aplikasi Papan Partikel. Produk polimer ini menggunakan bahan dasar Epoksi dengan variasi pengisi Serat Cangkang Sawit. Pengujian yang dilakukan yaitu uji Morfologi SEM, Uji FTIR, Uji Kekerasan Shore D, Uji kekuatan tarik, dan Uji TGA. Pengujian kekerasan menunjukkan peningkatan nilai kekerasan dengan variasi pengisi Serat Cangkang Sawit 20, 40, 60% dengan nilai tertinggi pada variasi Cangkang Kelapa Sawit 60% sebesar 79 HD. Pengujian kekuatan tarik menunjukkan penurunan dengan variasi pengisi serat cangkang sawit 20, 40, 60% dengan nilai 29,6 MPa, 23,19 MPa, dan 24,45 MPa. Pengujian stabilitas temperatur menunjukkan peningkatan

dengan variasi pengisi serat cangkang sawit 20, 40, dan 60%. Stabilitas temperatur tertinggi terdapat pada variasi pengisi serat cangkang sawit 20% dengan T_5 360 °C. Berdasarkan hasil tersebut terdapat pengaruh penambahan serat cangkang sawit terhadap sifat mekanik dan stabilitas termal untuk resin epoksi pada aplikasi papan partikel.

Kata kunci : Epoksi, Pengisi, Sifat Mekanik, Stabilitas Termal

EFFECT OF PALM KERNELL FIBER ON MECHANICAL PROPERTIES AND THERMAL STABILITY COMPOSITE EPOKSI / POLY (AMINO AMID) / FIBER PALM OIL PALM FOR PARTICLE BOARD APPLICATIONS

Name : Olga Leonev Vasdazara
NRP : 2710 100 046
Departement : Materials Engineering
Advisors : Dr.Eng Hosta Ardhyananta, S.T.,M.Sc.
Sigit Tri W., S. Si., M. Si.,Ph. D.

ABSTRACT

Epoxy is a type of thermosetting polymer with tensile strength, high thermal stability compared to other types of polymers. But in applications that require high-flexibility properties, epoxy performs poorly. An additional material is required in the form of a natural fiber filler to improve the mechanical properties and thermal stability of the epoxy. This research was conducted to develop the Biopolymer material and has good mechanical properties, and thermal stability in Particleboard applications. This polymer product uses Epoxy base material with variations of the Palm Shell Filler. Tests conducted were SEM Morphology, FTIR Test, Shore D Hardness Test, Tensile Strength Test, and TGA Test. Hardness test showed increase of hardness value with variation of Palm Shell Filler 20, 40, 60% with highest value on Palm Palm Shell 60% of 79 HD. Tensile strength test showed decrease with variation of palm shell fiber filler 20, 40, 60% with value 29,6 MPa, 23,19 MPa, and 24,45 MPa. Temperature stability testing showed an increase with variations of 30, 40, and 60% palm kernel fiber fillers. The highest temperature stability is found in the variation of the 20% palm kernel fiber filler with T5 360 oC. Based on these results there is an effect of adding palm kernel fibers to mechanical

properties and thermal stability for epoxy resins in particle board applications.

Keywords: Epoxy, Filler, Mechanical Properties, Thermal Stability

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat, taufiq, hidayah dan inayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Penambahan Serat Cangkang Kelapa Sawit (Palm Kernell Fiber) Terhadap Sifat Mekanik Dan Stabilitas Termal Komposit Epoksi/Poli(Amino Amid)/Serat Cangkang Kelapa Sawit Untuk Aplikasi Papan Partikel”**. Adapun laporan ini disusun dan diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan studi di Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTI – Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.

Penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karuniaNya dari awal memulai perkuliahan di ITS hingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir.
2. Kedua orang tua dan keluarga atas semua doa, dukungan moril dan materiil, pengertian dan cinta yang telah diberikan selama ini
3. Bapak Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, S.T, M.Sc selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bekal yang sangat bermanfaat.
4. Bapak Haniffudin Nurdiansah ST., MT. selaku dosen *co-embimbing* yang senantiasa memberikan bimbingan dan arahan
5. Bapak Budi Agung Kurniawan, ST, MSc selaku dosen wali yang senantiasa menyemangati
6. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng. selaku Dosen Wali dan Ketua Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS.
7. Dosen Tim Penguji Seminar dan Sidang Tugas Akhir.
8. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.
9. Dan seluruh pihak yang telah memberikan partisipasi atas penulisan tugas akhir ini.

10. Keluarga HMMT dan yang selalu membantu selama masa perkuliahan.
11. Khabibi selaku teman seperjuangan selama Tugas Akhir
12. Khabibi, Epi, Yunus, Dida, selaku teman seperjuangan di Laboratorium Inovatif.

Penulis berharap laporan tugas akhir ini mampu membantu pengembangan material polimer komposit dengan memanfaatkan bahan alam di Indonesia. Penyusun menyadari adanya keterbatasan di dalam penyusunan laporan ini. Besar harapan penyusun akan saran, dan kritik yang sifatnya membangun. Penulis berharap tugas akhir ini bermanfaat bagi seluruh pihak yang membaca.

Surabaya, Agustus 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Komposit.....	5
2.2 Klasifikasi Material Komposit.....	7
2.3 Komposit Matrik Polimer	10
2.4 Polimer	11
2.5 Epoxy Resin	12
2.6 Kelapa Sawit	17
2.7 Partikel Board, MDF	21
2.8 Solid Wood.....	24
2.9 Plywood.....	25
2.10 Curing.....	26
2.11 Penelitian Terdahulu.....	28

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian.....	31
3.2 Bahan Penelitian	32
3.3 Peralatan Penelitian	33

3.4 Variabel Penelitian.....	34
3.5 Prosedur Penelitian	34
3.6 Pengujian	35
3.7 Rancangan Penelitian.....	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengaruh Pengisi Serat Cangkang Sawit terhadap Struktur Ikatan Epoksi dengan Analisa FTIR.....	45
4.2 Analisa Morfologi Pengujian SEM (Scanning Electron Microscope) Material Polimer Komposit Epoksi.....	49
4.3 Pengaruh Pengisi Material Serat Alam terhadap Sifat Kekerasan Epoksi.....	51
4.4 Pengaruh Penambahan Serat Alam terhadap Sifat Kekuatan Tarik Maksimum Terhadap Polimer Komposit Epoksi.....	53
4.5 Pengaruh Variasi Serat Alam terhadap Kestabilan Termal Polimer Komposit Epoksi.....	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	61
BIODATA PENULIS	xxv
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Komponen Penyusun Material Komposit	6
Gambar 2.2	Struktur Polimer	11
Gambar 2.3	Struktur Mengeras Epoxy dengan Penguatnya ...	13
Gambar 2.4	Gugus Epoksi	14
Gambar 2.5	Reaksi Epoksi Dengan Amina	14
Gambar 2.6	Struktur Gugus Fungsi Mengeras Epoxy dengan Penguatnya	15
Gambar 2.7	Skema Sintesis Diglycidylether Bisphenol A (DGEBA) Epoksi Resin	15
Gambar 2.8	Aplikasi dari Epoksi	16
Gambar 2.9	Susunan Epoksi Polimer	17
Gambar 2.10	Tinggi Batang Pohon Kelapa Sawit	19
Gambar 2.11	Cangkang Kelapa Sawit	20
Gambar 2.12	Partikel Board (a), MDF/Medium Density Fiber Board (b)	23
Gambar 2.13	Solid Wood	25
Gambar 2.14	Plywood	26
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 3.2	Epoksi Eposchon-A.....	32
Gambar 3.3	Katalis Eposchon-B	32
Gambar 3.4	Cangkang Kelapa Sawit	33
Gambar 3.5	Instrumen <i>Thermogravimetric Analysis</i> (TGA) ..	35
Gambar 3.6	Alat Durometer Shore D	36
Gambar 3.7	Pengujian Kekerasan Material Polimer Komposit Serat Cangkang Kelapa Sawit	36
Gambar 3.8	Dimensi Spesimen Uji Tarik (ASTM D 638)	37
Gambar 3.9	Cetakan Spesimen Uji Tarik (ASTM D 638)	38
Gambar 3.10	Kurva Tegangan Regangan (ASTM D 638)	38
Gambar 3.11	Mesin Uji Tarik (ASTM D 638)	39
Gambar 3.12	Skema Alat spektroskopi FTIR	40
Gambar 3.13	Diagram Skematik Cara Kerja SEM	41
Gambar 3.14	Prose Pelapisan Sampel Menggunakan <i>autofine-coater</i> JFC-1100	42

Gambar 4.1	Spektrum FTIR Polimer Komposit Epoksi Cangkang Sawit	46
Gambar 4.2	Spektrum FTIR Epoxy pada Kondisi Kering dan Basah	48
Gambar 4.3	Mikrograf SEM Polimer Komposit Epoksi Serat Cangkang Sawit, (a) Hasil SEM E/S 0% perbesaran 200X, (b) Hasil SEM E/S 0% perbesaran 400X, (c) Hasil SEM E/S 20% perbesaran 5000X, (d) Hasil SEM E/S 40% perbesaran 5000X, (e) Hasil SEM E/S 60% perbesaran 5000X	50
Gambar 4.4	Pengaruh Pengisi Serat Cangkang Kelapa Sawit terhadap Kekerasan Polimer Komposit Epoksi ...	52
Gambar 4.5	Pengaruh Pengisi Serat Alam terhadap Kekuatan Tarik Polimer Komposit Epoksi	53
Gambar 4.6	Kurva Thermogravimetric Analysis (TGA) dari Variasi Polimer Komposit Serat Cangkang Kelapa Sawit	55
Gambar 4.7	Kurva <i>Derivative Thermogravimetric</i> (DTG) dari Variasi Komposisi Serat Cangkang Sawit	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Cangkang Kelapa Sawit	21
Tabel 2.2	Characteristic of Oil Palm Shell	21
Tabel 2.3	Syarat Sifat Mekanis Papan Partikel SNI 03-2105-2006	24
Tabel 3.1	Kriteria Dimensi Spesimen Uji Tarik	37
Tabel 3.1	Rancangan Penelitian	43
Tabel 4.1	Puncak Serapan Ikatan Kimia, dan Gugus Fungsi Epoksi.....	47
Tabel 4.2	Pengaruh Pengisi Serat Cangkang Kelapa Sawit terhadap Temperatur Dekomposisi T_5 dan T_{maks} dari Polimer Epoksi	57

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada zaman sekarang penggunaan dan pengaplikasian kayu solid dan komposit serbuk kayu sebagai bahan utama dalam building material sudah cukup populer dan juga menjadi pilihan utama masyarakat di Indonesia, namun dari bahan-bahan tersebut mempunyai kelemahan tersendiri yaitu jumlah ketersediaan dan meningkatnya harga limbah serbuk kayu dan kayu solid di Nusantara ini.

Kelapa Sawit merupakan tanaman Monokotil sehingga tanaman ini tidak memiliki kambium. Pertumbuhannya yang cepat dan dapat dipanen pada umur sekitar 3 tahun. Potensi perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada tahun 1995 - 2005 luas arealnya bertambah dari 2,7 juta ha sampai 4,5 juta ha. Apabila setiap 10% dari tanaman sawit ini diremajakan, maka dihasilkan limbah kelapa sawit 11,7 juta pohon/tahun setara dengan 5,85 juta ton pertahun (Prayitno dan Darnoko, 1994). Cangkang kelapa sawit juga merupakan salah satu limbah yang jumlahnya mencapai 60% dari produksi minyak inti. Limbah cangkang kelapa sawit berwarna hitam keabuan, bentuk tidak beraturan, dan memiliki kekerasan cukup tinggi. Cangkang sawit mengandung selulosa sebesar 45% dan hemiselulosa sebesar 26% (Rasmawan, 2009).

Epoxy memiliki sifat keras, kuat, bening, dan tahan terhadap panas. Penggunaan Serat alam dengan kombinasi campuran yang sesuai pada Matriks akan menghasilkan komposit yang lebih baik (Sing et al., 2002). Peningkatan kekuatan mekanik komposit dapat dilakukan dengan variasi serat. Serat yang ditambahkan bisa berupa serat alam maupun buatan. Kekurangan dari komposit serat alam yaitu kurang baiknya ikatan antara matriks dan reinforce sehingga menghasilkan sifat komposit yang kurang baik, karena kebanyakan serat alam memiliki sifat Hidrofilik



(meyerap air) sehingga air dapat masuk ke dalam ikatan komposit antara matriks dan reinforce. Penelitian ini mengkombinasikan serat Cangkang Kelapa sawit sebagai reinforce (penguat), Epoxy sebagai matriks, Poly Amino Amid sebagai Hardener terhadap sifat mekanik dan stabilitas thermal. Karena penggunaan Cangkang Kelapa Sawit untuk aplikasi Papan Partikel di Indonesia ini masih belum optimal. Kebanyakan orang menggunakan serbuk kayu dan kayu solid. Maka dari itu penelitian ini memilih serat Cangkang Kelapa Sawit bermatriks Epoxy untuk mengetahui sifat mekanik dan stabilitas thermal pada material komposit tersebut untuk aplikasi Papan Partikel.

1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka rumusan masalahnya adalah berikut :

1. Bagaimanakah pengaruh pengisi (Serat Cangkang Kelapa Sawit) terhadap sifat mekanik kekerasan dan kekuatan tarik maksimum Polimer Epoksi /Poli (Amino Amid)/Serat Cangkang Kelapa Sawit ?
2. Bagaimanakah pengaruh pengisi (Serat *Cangkang Kelapa Sawit*) terhadap sifat stabilitas temperatur Polimer Epoksi / Poli (Amino Amid)/ *Serat Cangkang Kelapa Sawit* ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pencampuran material polimer dianggap homogen.
2. Kekasaran permukaan material polimer dianggap homogen.
3. Pengaruh impuritis pada saat proses pencampuran diabaikan.
4. Perubahan temperatur atmosfer selama proses pencampuran diabaikan.



1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh pengisi (Serat Cangkang Kelapa Sawit) terhadap sifat mekanik kekerasan dan kekuatan tarik maksimum Polimer Epoksi /Poli (Amino Amid)/Serat Cangkang Kelapa Sawit.
2. Menganalisis pengaruh pengisi (Serat *Cangkang Kelapa Sawit*) terhadap sifat stabilitas temperatur Polimer Epoksi / Poli (Amino Amid)/ *Serat Cangkang Kelapa Sawit*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Peneliti dapat mengetahui sifat mekanik, degradabilitas dan kestabilan temperatur dari komposit berbahan dasar Epoksi dan pengisi bahan alam terbarukan.
2. Sebagai langkah kontribusi untuk dapat mengurangi polusi kelapa sawit.
3. Sebagai langkah kontribusi untuk pengembangan polimer serat alam.
4. Keperluan studi mahasiswa.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

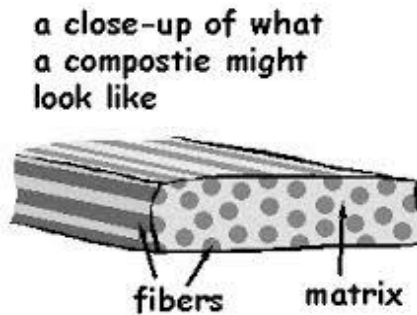
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Material Komposit

Komposit merupakan material yang berasal dari kombinasi fisik dua komponen atau lebih yang memiliki sifat atau struktur yang berbeda untuk membentuk ikatan mekanik dan menghasilkan struktur homogen secara makroskopik dan heterogen secara mikroskopik. Sifat material komposit dipengaruhi oleh material pembentuknya, distribusi fase diskontinyu, dan interaksi antara material pembentuknya. Material pembentuk komposit lebih banyak dikenal dengan istilah matriks. Selain memberi bentuk pada komposit, matriks juga berfungsi sebagai penyangga fase penguat serta pentransfer tegangan kepada penguat. Fase penguat harus memiliki sifat mekanik yang lebih baik daripada matriksnya (Sulistijono, 2012).

Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit). Dengan adanya perbedaan dari material penyusunnya maka komposit antar material harus berikatan dengan kuat, sehingga perlu adanya penambahan Coupling agent. Tujuan dibentuknya komposit adalah untuk memperbaiki sifat mekanik material, mempermudah design yang sulit pada manufaktur, keleluasaan dalam bentuk design yang dapat menghemat biaya, menjadikan bahan lebih ringan. Komposit terdiri dari 2 material penyusun yaitu matriks dan penguat (reinforce) seperti pada Gambar 2.1. Matriks merupakan fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matriks mempunyai fungsi dalam komposit yaitu mentransfer tegangan ke serat, melindungi serat, melepas ikatan, tetap stabil setelah proses manufaktur.



Gambar 2.1 Komponen penyusun material komposit (Suwendi, 2013).

Pada Gambar 2.1 menunjukkan Reinforcement atau filler atau fiber atau penguat merupakan salah satu bagian utama dari komposit yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Secara strukturmikro material komposit tidak merubah material pembentuknya (dalam orde kristalin) tetapi secara keseluruhan material komposit berbeda dengan material pembentuknya karena terjadi ikatan antar permukaan antara matriks dengan filler. Syaratterbentuknya komposit adalah adanya ikatan permukaan antara matriks dengan filler. Ikatan antar permukaan ini terjadi karena adanya gaya adhesi dan kohesi. Material komposit merupakan material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya melalui pencampuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda.

Material komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari pada logam, memiliki kekuatan bisa diatur yang tinggi (tailorability), memiliki kekuatan lelah (fatigue) yang baik, memiliki kekuatan jenis (strength/weight) dan kekakuan jenis (modulus Young/density) yang lebih tinggi daripada logam, tahan korosi, memiliki sifat isolator panas dan suara, serta dapat dijadikan sebagai penghambat listrik yang baik, dan dapat juga



digunakan untuk menambal kerusakan akibat pembebanan dan korosi (Sirait, 2010).

2.2. Klasifikasi Material Komposit

Berdasarkan bahan penguat, material komposit dapat diklasifikasikan menjadi komposit serat, komposit lamina, komposit partikel dan komposit serpihan

2.2.1 Komposit serat (*fiber komposite*)

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serat aramid dan sebagainya. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Bila peningkatan kekuatan menjadi tujuan utama, komponen penguat harus mempunyai rasio aspek yang besar, yaitu rasio panjang terhadap diameter harus tinggi, agar beban ditransfer melewati titik dimana mungkin terjadi perpatahan (Vlack L. H., 2004). Tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit (Vlack L. H., 1985).

Komposit yang diperkuat dengan serat dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu:

- Komposit serat pendek (*short fiber composite*)

Berdasarkan arah orientasi material komposit yang diperkuat dengan serat pendek dapat dibagi lagi menjadi dua bagian yaitu serat acak (*inplane random orientasi*) dan serat satu arah. Tipe serat acak sering digunakan pada produksi dengan volume besar karena faktor biaya manufakturnya yang lebih murah.



Kekurangan dari jenis serat acak adalah sifat mekanik yang masih dibawah dari penguatan dengan serat lurus pada jenis serat yang sama.

- Komposit serat panjang (long fiber composite)

Keistimewaan komposit serat panjang adalah lebih mudah diorientasikan, jika dibandingkan dengan serat pendek. Secara teoritis serat panjang dapat menyalurkan pembebanan atau tegangan dari suatu titik pemakaiannya. Perbedaan serat panjang dan serat pendek yaitu, serat pendek dibebani secara tidak langsung atau kelemahan matriks akan menentukan sifat dari produk komposit tersebut yakni jauh lebih kecil dibandingkan dengan besaran yang terdapat pada serat panjang. Hubungan antara penguat serat dan panjang serat ditunjukkan dalam Persamaan 2.1

$$\delta_c = V_f \left(1 - \frac{L_c}{L} \right) \delta_f + V_R \delta_R \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.1}$$
$$\frac{L_c}{D_f} = \frac{\delta_f}{2\tau_y}$$

dengan:

δ_c = kekuatan tarik material komposit (N)

δ_f = kekuatan tarik serat (N)

δ_r = kekuatan tarik resin (N)

V_f = kadar serat dalam volume (m^3)

V_R = kadar resin dalam volume (m^3)

D_f = diameter serat (m)

L_c = panjang serat (m)

L = Panjang kritis serat (m)

$2\tau_y$ = kekuatan mulur geser pada antar muka serat dengan resin (Surdia, 1995).



2.2.2 Komposit Lamina

Komposit laminat, merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri. Komposit yang terdiri dari lapisan serat dan matriks, yaitu lapisan yang diperkuat oleh resin sebagai contoh plywood, laminated glass yang sering digunakan bahan bangunan dan kelengkapannya. Pada umumnya manipulasi makroskopis yang dilakukan yang tahan terhadap korosi, kuat dan tahan terhadap temperatur

2.2.3 Komposit Partikel

Komposit partikel, komposit yang terdiri dari partikel dan matriks yaitu butiran (batu, pasir) yang diperkuat semen yang kita jumpai sebagai beton, senyawa kompleks ke dalam senyawa kompleks. Komposit partikel merupakan produk yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus mengikatnya dengan suatu matriks bersama-sama dengan satu atau lebih unsur-unsur perlakuan seperti panas, tekanan, kelembaban, dan lain-lain. Komposit partikel ini berbeda dengan jenis serat acak sehingga bersifat isotropis. Kekuatan komposit serat dipengaruhi oleh tegangan koheren di antara fase partikel dan matriks yang menunjukkan sambungan yang baik

2.2.4 Komposit Partikel Kecil

Pengertian dari serpihan adalah partikel kecil yang telah ditentukan sebelumnya yang dihasilkan dalam peralatan yang khusus dengan orientasi serat sejajar permukaannya. Suatu komposit serpihan terdiri atas serpih-serpih yang saling menahan dengan mengikat permukaan atau dimasukkan ke dalam matriks. Sifat-sifat khusus yang dapat diperoleh dari serpihan adalah bentuknya besar dan datar sehingga dapat disusun dengan rapat untuk menghasilkan suatu bahan penguat yang tinggi untuk luas penampang lintang tertentu. Pada umumnya serpih-serpih saling tumpang tindih pada suatu komposit sehingga dapat membentuk



lintasan fluida ataupun uap yang dapat mengurangi kerusakan mekanis karena penetrasi atau perembesan.

2.3. Komposit Matrik Polimer

Komposit ini menggunakan bahan polimer sebagai matriksnya. Secara umum sifat-sifat komposit polimer ditentukan oleh sifat-sifat penguat, sifat-sifat polimer, rasio penguat terhadap polimer dalam komposit (fraksi volume penguat), geometri dan orientasi penguat pada komposit. Apapun komposit polimer yang digunakan dalam bahan komposit akan menentukan sifat-sifat berikut :

- Sifat Mekanik yang bagus
- Sifat Daya Rekat yang bagus
- Sifat ketangguhan yang bagus
- Ketahanan terhadap degradasi lingkungan bagus.

Komposit Polimer memiliki beberapa sifat yaitu , biaya pembuatan yang lebih rendah, dapat dibuat dengan produksi massal, ketangguhan baik, tahan simpan, siklus pabrikasi dapat dipersingkat, kemampuan mengikuti bentuk, lebih ringan. Adapun keuntungan dari Komposit Matrik Polymer adalah ringan, *Specific Stiffness* tinggi, *Specific Strength* tinggi, *Anisotropy*.

Aplikasi dari Komposit Matrik Polimer, yaitu sebagai berikut:

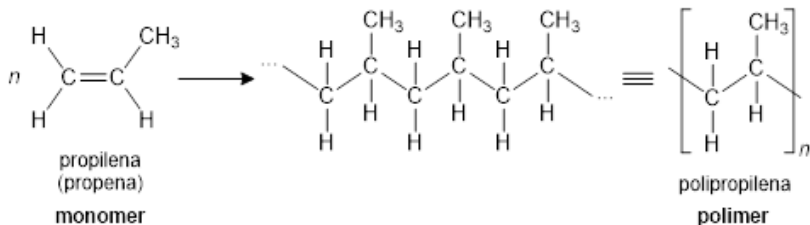
- a. Matrik berbasis Epoxy dengan serat gelas
 - Alat-alat rumah tangga
 - Panel pintu kendaraan
 - Lemari perkantoran
 - Peralatan elektronika.
- b. Matrik berbasis termoplastik dengan serat gelas contohnya kotak air radiator
- c. Matrik berbasis termoset dengan serat karbon
 - Rotor helikopter
 - Komponen ruang angkasa
 - Rantai pesawat terbang



2.4. Polimer

Polimer merupakan bahan dengan berat molekul (M_r) lebih besar dari 10.000. Polimer berasal dari bahasa Yunani *poly* = banyak dan *mer* = bagian, yang artinya suatu makromolekul yang terdiri dari monomer-monomernya. Seperti rumus pada Gambar 2.2, Polimer terdiri dari molekul-molekul besar yang disebut makromolekul.

Polimer merupakan penggabungan sejumlah molekul-molekul kecil / sederhana (monomer) sehingga menghasilkan satu molekul yang lebih besar (makromolekul).



Gambar 2.2 Struktur Polimer (Atkins, 2010)

Keunggulan bahan Polimer yaitu kemampuan cetaknya baik. Pada temperatur rendah bahan dapat dicetak dengan penyuntikan, penekanan, ekstruksi, dan seterusnya, produk ringan dan kuat, banyak polimer bersifat isolasi listrik, polimer dapat bersifat konduktor. Baik sekali ketahanannya terhadap air dan zat kimia, produk dengan sifat yang berbeda dapat dibuat tergantung cara pembuatan, umumnya bahan polimer lebih murah harganya. Bahan polimer biasa di gunakan sebagai matrik pada komposit polimer. Adapun polimer yang sering dipakai antara lain :

- Thermoplastic

Thermoplastic adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali (recycle) dengan menggunakan panas. Thermoplastic merupakan polimer yang akan menjadi keraes apabila didinginkan. Thermoplastic meleleh pada suhu tertentu, melekat



mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat Reversibel kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. Contoh dari Thermoplastic yaitu Polyamide (PI), Polysulfone (PS), Poluetheretherketone (PEEK), Polypropylene (PP), Polyethylene (PE) dll.

- Thermoset

Thermoset tidak dapat mengikuti perubahan suhu (Irreversibel). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan termoset melainkan akan membentuk arang dan terurai karena sifatnya yang demikian sering digunakan sebagai tutup ketel, seperti jenis-jenis melamin. Plastik jenis termoset tidak begitu menarik dalam proses daur ulang karena selain sulit penanganannya juga volumenya jauh lebih sedikit (sekitar 10%) dari volume jenis plastik yang bersifat termoplastik. Contoh dari Thermoset yaitu epoksi, polyester, plenol, resin amino, resin furan dll.

2.5. Epoxy Resin

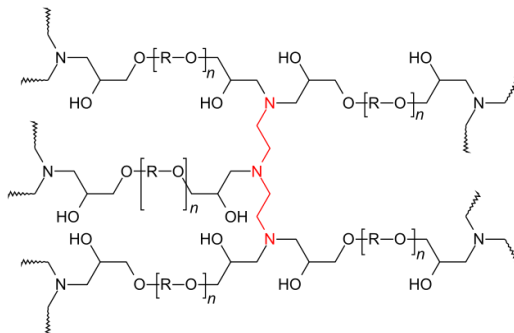
Penemuan epoksi polimer memiliki cerita yang panjang di belakangnya, khususnya pada tahun 1936, ketika Dr. Pierre Castan dari Swiss berhasil dalam melakukan sintesis sebuah epoksi resin berbasis bisphenol A yang dikeraskan dengan phthalic acid anhydride. Kemudian temuan tersebut dipatenkan oleh Ciba, Ltd. dari Switzerland yang kemudian menjadi salah satu dari tiga perusahaan penghasil epoksi resin terbesar di dunia. Kemudian Dr. S.O. Greenlee (USA) mengembangkan epoksi resin dari *epichlorohydrin* dan *diglycidyl ether of Bisphenol A* (DGEBA), yang digunakan hingga sekarang, pada 1939. Tujuan dari pengembangan epoksi resin adalah untuk menemukan binding agent (agen pengikat) untuk pelapisan yang memiliki sifat ketahanan yang baik terhadap bahan-bahan kimia, tetapi tidak



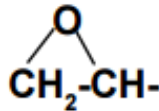
lama kemudian dibuktikan bahwa epoksi secara signifikan memiliki sifat yang jauh lebih bagus dibandingkan jenis tersebut. Sekarang, epoksi digunakan dalam bidang konstruksi pesawat terbang, elektronik, industri otomotif, peralatan makanan, farmasi, manufaktur, offshore dan industri kelautan. Pada umumnya, orang lebih mengenal kata epoksi dan dihubungkan dengan sesuatu yang kuat. Pada 1960, Nils Malmgren dan Curt Augustsson mulai untuk meformulasikan dan menghasilkan produk berbahan dasar epoksi dengan penguatnya (*hardener*). (Brown, 2002)

2.5.1 Struktur Kimia Epoksi

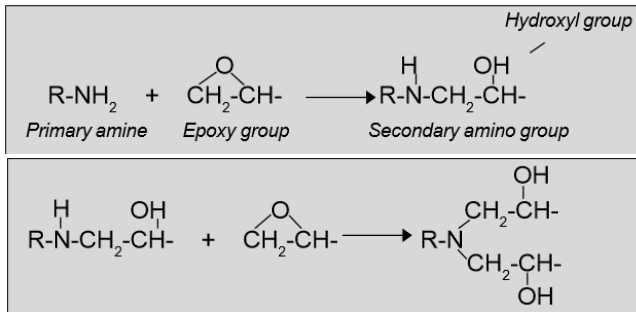
Epoksi resin adalah senyawa yang mengandung lebih dari satu kelompok epoksida dalam satu molekulnya. Kelompok epoksida atau yang sering disebut sebagai kelompok *glycidyl* inilah yang menjadi alasan pemberian nama Epoksi, Gambar 2.3. Epoksi berasal dari oksigen yang berikatan dengan rantai karbon yang disebut *oxide*, kata pertama *epi* yang berarti “*the outside of*” dan kata kedua berasal dari *oxygen*, yang kemudian dikenal dengan sebutan epoksi. Gambar 2.4 menunjukkan gugus epoksida dari epoksi resin dengan penguatnya. (Hara, 1990)



Gambar 2.3 Struktur *Mengeras Epoxy* dengan penguatnya (*hardener*) (Augustsson, 2004)

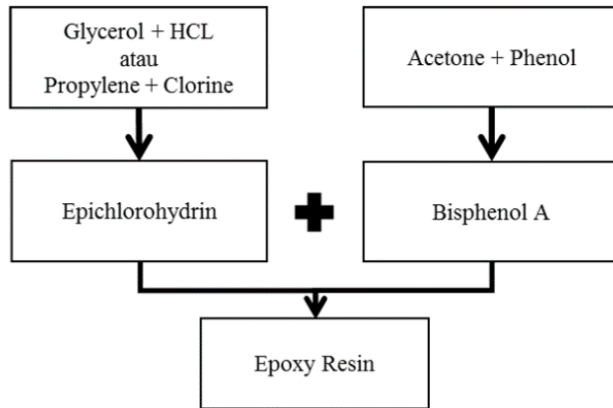


Gambar 2.4 Gugus Epoksi (Augustsson, 2004)

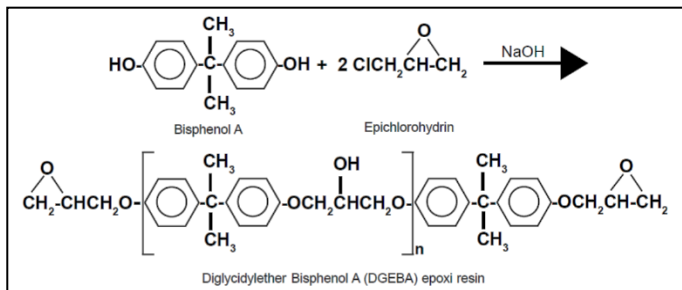


Gambar 2.5 Reaksi Epoksi dengan Amina (Augustsson, 2004)

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5, epoksi diperoleh dari epichlorohydrin atau dari reaksi epoksidasi langsung dari olefin dengan peracids (asam peroksi). Asam peroksi ini merupakan hasil dari asam karboksilat atau suatu gugus asil yang lain dengan hidrogen peroksida (H_2O_2) bersama dengan katalis asam yang diperlukan (Gunstone, 1996). Biasanya katalis yang digunakan adalah asam sulfat (H_2SO_4), asam fosfat (H_3PO_4), asam nitrat (HNO_3), dan asam klorida (HCl) (Dind si pertama, dan yang sampai sekarang sering dijumpai a, 2008). Seperti yang sudah diketahui bahwa epok dipasaran yaitu *Diglycidyl Ether of Bisphenol A* (DGEBA), diproduksi dengan mereaksikan *epichlorohydrin* dengan bisphenol A dalam kondisi tertentu untuk memberikan gugus *diglycidyl ether*, seperti yang tampak pada Gambar 2.6 dan Gambar 2.7.



Gambar 2.6 Struktur Gugus Fungsi *Mengeras Epoxy* dengan penguatnya (*hardener*) (Augustsson, 2004)



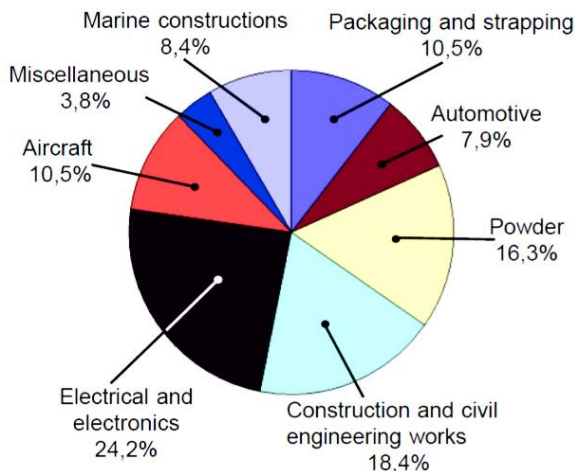
Gambar 2.7 Skema sintesis *Diglycidylether Bisphenol A* (DGEBA) Epoksi Resin (Augustsson, 2004)

2.5.2 Sifat Epoksi

Sifat dari resin tergantung pada beberapa faktor seperti struktur pra-polimer, *curing agent*, stoikiometri antara resin dan pengerasnya (*hardener*), waktu untuk *curing*, serta temperatur *curing*. Secara umum, tanpa memperhatikan jenis dan jumlah *hardener*, waktu dan temperatur *curing*, epoksi resin menunjukkan kekuatan dan modulus yang tinggi, serta memiliki



sifat ketahanan aus dan ketahanan retak yang tinggi. Epoksi resin juga memiliki sifat listrik yang baik, dengan resistivitas yang tinggi, kekuatan dielektrik dan *track resistance* yang baik terutama pada kelembaban tinggi. Stabil pada temperatur tinggi dan tahan lama. Epoksi resin juga mampu diproses dengan berbagai teknik termoset dengan sedikit penyusutan dan tidak mudah menguap selama proses *curing*. Pada umumnya Epoksi resin memiliki ketahanan yang baik serta stabilitas dimensi yang baik, akan tetapi aromatik resin rentan terhadap degradasi sinar UV dan juga jenis pelapukan yang lainnya. Pada umumnya Epoksi resin digunakan sebagai bahan pelapis permukaan karena sifat ketahanan terhadap zat kimia, kekuatan mekanik dan memiliki sifat adesif yang baik. Selain digunakan sebagai coating, Epoksi resin juga banyak digunakan pada komponen elektronik seperti resistor, transistor, kapasitor, fiber optik ataupun printed circuit board (PCB)

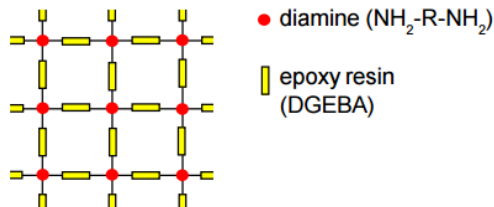


Gambar 2.8 Aplikasi dari Epoksi (Augustsson, 2004)



Epoksi resin juga digunakan sebagai adesif atau perekat yang cukup baik pada bekerja pada temperatur tinggi. Biasanya digunakan untuk menghubungkan bagian sayap dan badan pesawat, dan rotor helikopter. Epoksi resin juga digunakan untuk part mobil. (Hara, 1990) Gambar 2.8 menjelaskan jenis aplikasi dari Epoksi.

Epoksi secara umum mengandung dua gugus epoksi, dan satu primary diamine yang memiliki 4 atom hidrogen reaktif. Susunan dari epoksi polimer dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Susunan Epoksi Polimer (Augustsson, 2004)

Beberapa contoh dari amino yang digunakan sebagai penguat (*hardener*) dari epoksi resin, yaitu Aliphatic amines, Diethylenetriamine, Triethylenetetramine, Aminoethyl piperazine, Trimethyl hexamethylenediamine, Cycloaliphatic amines, Isophorondiamine, Diamino-dicyclohexylmethane, Aromatic amines, Diaminodiphenylmethane, m-Phenylendiamine. (Painter & Coleman, 2009)

2.6. Kelapa Sawit (*Elaeis Guinensis* Jacq)

Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis Guinensis* Jacq) berasal dari Nigeria, Africa Barat. Meskipun demikian, ada yang menyatakan bahwa kelapa sawit berasal dari Amerika Selatan yaitu Brazil karena lebih banyak ditemukan spesies kelapa sawit



di hutan Brazil dibandingkan dengan Afrika. Pada kenyataannya, tanaman kelapa sawit hidup subur diluar daerah asalnya, seperti Malaysia, Indonesia, Thailand, dan Papua Nugini. Tanaman kelapa sawit memiliki arti penting bagi pembangunan perkebunan nasional. Selain mampu menciptakan kesempatan kerja dan mengarah pada kesejahteraan masyarakat, Kelapa sawit juga merupakan sumber perolehan devisa negara dan Indonesia merupakan salah satu produsen utama minyak sawit (Fauzi, 2008).

2.6.1. Akar Kelapa Sawit

Susunan dari akar pohon Kelapa Sawit terdiri dari akar serabut primer yang tumbuh vertikal ke dalam tanah dan horizontal ke samping dan bercabang menjadi akar sekunder atas dan ke bawah. Akhirnya cabang cabang ini pun bercabang lagi. Akar dari kelapa sawit dapat mencapai 8 meter secara vertikal dan 16 meter secara horizontal. Akar primer berdiameter 7-9 mm, keluar dari batang dan menyebar horizontal. Akar sekunder berdiameter 2-4 mm, keluar dari akar primer. Akar tersier berdiameter 0,7-1,2 mm, keluar dari akar sekunder, dan akar kuarterner keluar dari akar tersier yang berdiameter 0,1-0,3 mm (Lubis, 1992).

2.6.2. Batang Kelapa Sawit

tanaman kelapa sawit termasuk tanaman monokotil sehingga tanaman ini tidak mempunyai kambium. Batang berbentuk silinder dengan diameter batang antara 20-75 cm atau bergantung pada keadaan lingkungan. Selama beberapa tahun, minimal 12 tahun, batang tertutup rapat oleh pelepah daun. Tinggi batang bertambah kira-kira 45 cm/tahun, tetapi dalam lingkungan yang sesuai dapat mencapai 100 cm/tahun.

Pada Gambar 2.10 diberitahukan bahwa tinggi tanamankelapa sawit yang ditanam di daerah perkebunan adalah 15-18 m, karena tanaman yang terlalu tinggi akan menyulitkan dalam pemanenan buahnya, maka perkebunan kelapa sawit



menghendaki tanaman yang pertumbuhan tingginya lambat (Hartono, 2002).



Gambar 2.10 Tinggi Batang Pohon Kelapa Sawit (PT. Sochfindo, 2015)

2.6.3. Daun Kelapa Sawit

susunan daun kelapa sawit adalah susunan daun majemuk. Tanaman kelapa sawit yang tumbuh normal, pelepah daunnya berjumlah 40- 60 buah dengan panjang daun sekitar 7.5- 9 m. Umur daun mulai terbentuk sampai tua sekitar 6-7 bulan. Daun kelapa sawit yang tumbuh sehat dan segar kelihatan berwarna hijau tua. Jumlah anak daun pada setiap pelepah berkisar antara 250–400 helai. Produksi pelepah daun selama satu tahun mencapai 20–30 pelepah terdiri dari bagian :

- kumpulan anak daun (*leaflets*) yang mempunyai helaian (lamina) dan tulang anak daun (*midrib*).
- rachis yang merupakan tempat anak daun melekat.
- tangkai daun (*petiole*) yang merupakan bagian antara daun dan batang, dan 4)
- seludang daun (*sheath*) yang berfungsi sebagai pelindung dari kuncup dan memberi kekuatan pada batang.



2.6.4. Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang Kelapa Sawit pada Gambar 2.11 merupakan salah satu komoditas andalan Indonesia yang perkembangannya sangat pesat.



Gambar 2.11 Cangkang Kelapa Sawit

Dalam industri pengolahan minyak sawit atau Crude Palm Oil (CPO) akan diperoleh limbah industri. Limbah ini digolongkan menjadi limbah padat, cair, dan gas. Salah satu jenis limbah padatnya yaitu cangkang kelapa sawit. Cangkang kelapa sawit merupakan salah satu limbah yang jumlahnya mencapai 60% dari produksi minyak inti. Limbah cangkang kelapa sawit berwarna hitam keabuan, bentuk tidak beraturan, dan memiliki kekerasan cukup tinggi.



Tabel 2.1 Karakteristik Cangkang Kelapa Sawit(Suharni, 2008)

No	Parameter	Hasil (%)
1	Kadar air	7,8
2	Kadar abu	2,2
3	Kadar yang menguap	69,5
4	Karbon aktif	20,5

Tabel 2.2 Characteristic of Oil Palm Shell. (Nurhayati, 2010)

Parameter	Oil Palm Shell
Moisture Content (%)	25,5
Density	0,56
Calorific value (cal/g)	4465
pH value	-
Ash Content (%)	2,42
Silica content (%)	0,92
Lignin Conten (%)	50,03
Cellulose content (%)	65,45
Solubility in cold water (%)	2,97
Solubility in hot water (%)	4,96
Solubility in alkoohol-benzene (%)	2,6
Solubility in NaOH 1% (%)	22,12

Pada Tabel 2.2 dan 2.3 menunjukkan bahwasannya Cangkang kelapa sawit mengandung selulosa sebesar 45% dan hemiselulosa sebesar 26% (Nurhayati, 2010) .

2.7. Partikel Board, MDF (Medium Density Fiber Board)

Harga kayu solid semakin mahal, akibat keberadaannya yang semakin langka. Kelangkaan dan harga selangit ini lantas membuat masyarakat beralih pada kayu-kayu pabrikaan yang dinilai lebih praktis untuk digunakan dan dengan harga yang lebih murah seperti MDF, Partikel Board. Sekilas, 2 material ini



nampak sama, karena terbuat dari serpihan dan serbuk kayu yang dipadatkan. Keduanya juga dibuat dari bahan kayu dan perekat yang sama.

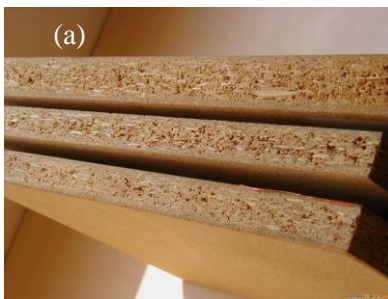
Motif kayu pada keduanya juga sudah tidak terlihat karena berupa padatan serat kayu. Pada produk furnitur seperti lemari baju, kedua material ini dilapisi HPL sehingga terlihat motif lingkaran kayu yang cantik. Baik MDF maupun particle board diklaim lebih ramah lingkungan daripada kayu solid karena memanfaatkan kayu secara maksimal, tanpa pemborosan. Berdasarkan perbedaan keduanya yaitu :

- **Bahan baku** : Meski bisa dibuat dari bahan kayu yang sama, MDF dibuat dari serat kayu berkualitas, sementara particle board dibuat dari ampas pekerjaan kayu. Inilah mengapa MDF dinilai lebih berkelas daripada particle board.
- **Kepadatan** : Selisih kepadatan antara MDF dengan particle board tidak terlalu jauh. Tingkat kepadatan MDF 750—800kg/m³, sedangkan particle board memiliki kepadatan 650—700kg/m³. Ditinjau dari beratnya, akan ada selisih 10—15%. Tingkat kepadatan yang berimbang pada massa ini menimbulkan kelebihan tersendiri. Di satu sisi, MDF lebih unggul karena dengan tingkat kepadatan yang tinggi, furnitur yang terbuat dari bahan ini tidak mudah remuk atau rusak. Di sisi lain, particle board unggul karena berat yang ringan membuat furnitur dari bahan ini mudah diangkut.
- **Daya Tahan** : Karena sama-sama merupakan kayu pabrikan, MDF maupun particle board tidak akan kuat menahan beban yang terlalu berat. Tidak juga tahan pada tempat yang sering terkena air. Di sini, sejumlah



sumber memberikan informasi yang beragam. Ada yang mengatakan bahwa MDF cukup bagus untuk dijadikan kabinet dapur, sementara sumber lainnya mengatakan bahwa keduanya tidak cocok jadi kabinet dapur. Dilihat dari kepadatannya, particle board akan lebih mudah lapuk daripada MDF.

- **Penggunaan** : Karena memiliki kualitas lebih baik, MDF lebih banyak digunakan untuk furnitur kelas menengah ke atas, sedangkan particle board digunakan dalam produksi furniture kelas menengah ke bawah. Padahal, setiap baik MDF maupun particle board memiliki banyak jenis dengan tingkatan kualitas yang berbeda-beda. MDF cocok digunakan sebagai pelapis counter top di dapur atau rak-rak yang menampung barang agak berat seperti pada Gambar 2.12 (b). Sementara itu, particle board seperti pada Gambar 2.12 (a) cocok digunakan untuk rak-rak pajangan di dinding dan furnitur lain yang tidak menampung barang berat.



Gambar 2.12 (a) Partikel Board, (b)MDF/Medium Density Fiber Board (Yuanita, 2015)

Sekilas, MDF memang tampak lebih unggul dari particle board. Namun, di luar semua perbedaan dan permasalahan soal mana yang lebih bagus, beberapa produsen kini semakin



meningkatkan barang produksi mereka. Ada yang membuatnya tidak mudah terbakar, lebih mudah dipaku, dan keunggulan lain dari tiap jenis.

Tabel 2.3 Syarat Sifat Mekanis Papan Partikel SNI 03-2105-2006

No.	Jenis papan partikel	Tipe	Keteguhan lentur minimum (kgf/cm ²)				Modulus elastisitas lentur (kering) minimum (10 ⁴ kgf/cm ²)	Keteguhan tarik tegak lurus permukaan minimum (kgf/cm ²)	Keteguhan cabut sekrup minimum (kgf) *
			Kering		Basah				
			Arah panjang	Arah lebar	Arah panjang	Arah lebar			
1.	Papan partikel biasa dan papan partikel dekoratif	18	184		92		3,06 (arah lebar)	3,1	51
		13	133		66		2,55 (arah lebar)	2,0	41
		8	82		-		2,04 (arah lebar)	1,5	31
2.	Papan partikel berlapis venir	30 – 15	306	153	153	77	4,59 (arah panjang) 2,86 (arah lebar)	3,1	51
3.	Papan partikel biasa struktural	24 – 10	245	102	122	51	4,08 (arah panjang) 1,33 (arah lebar) 3,06 (arah panjang) 2,04 (arah lebar)	3,1	51
		17,5-10,5	178	107	90	54			

2.8. Solid Wood

Kayu Solid merupakan material terkuat dan paling tahan lama dibandingkan dengan kayu yang lain. Tetapi Kayu Solid memiliki kelemahan tersendiri yaitu masalah dalam ketersediaannya di alam, sehingga harganya melambung tinggi dari hari ke hari. Kayu solid perlu dikeringkan terlebih dahulu agar tidak mudah mengembang / pecah, dan menyusut bila akan



digunakan dalam furniture. Kebanyakan bahan dari Solid Wood ini adalah Kayu Jati seperti Gambar 2.13 yang terkenal akan kualitas, ketahanan terhadap kondisi cuaca, tahan lama, dan memiliki serat yang bagus/menarik. Meskipun kayu jati tergolong kayu yang kuat dan keras, kayu ini mudah untuk dipotong dan dibentuk. Kayu Jati biasanya digunakan dalam Kontainer Kargo. Namun Kayu memiliki sifat fisik yang permukaannya tidak 100% datar.



Gambar 2.13 Solid Wood (Anthony, 2013)

2.9. Plywood

Plywood merupakan papan material yang tersusun dari beberapa lapis kayu melalui proses perekatan dan pemampatan tekanan tinggi. Seperti Gambar 2.14 terlihat bahwasannya Plywood terdiri dari kombinasi lapisan serat kayu dan kulit kayu dengan lapisan permukaan luar lebih kuat daripada lapisan tengah yang berfungsi untuk mereduksi pemuaian dan tekanan tekuk. Sifat dasar plywood tidak mudah untuk di tekuk, lebih tahan cuaca dan mudah dibentuk terutama untuk pembuatan furniture rumah tinggal. Terdapat beberapa jenis Plywood yang bisa kita temukan di pasaran yaitu plywood dari kayu pinus, dari



kayu sengon dan plywood dari kayu sungkai. Harga plywood ukuran standar perlembar 120x240cm menyesuaikan varian ketebalan plywood yaitu 6mm, 9mm, 12mm, 15mm, 18mm dan 24mm.



Gambar 2.14 Plywood (Setiawan, 2013)

Kelebihan Plywood/Triplex :

- a). Kuat terhadap cuaca dan daya tekuk
- b). Lebih kokoh untuk rangka utama mebel furniture/mebel
- c). Lebih tahan terhadap air

Resin Adhesive dari Plywood ini adalah UF (Urea Formaldehyde).

2.10. Curing

Proses *curing* merupakan proses pengeringan bahan-bahan penyusun komposit, baik itu matriknya maupun serat penguatnya. Kecepatan proses *curing* ini berbeda-beda tergantung dari prosentase katalis yang dipakai dan tergantung dari besarnya panas yang dipakai dalam proses *curing*. Diharapkan pada proses *curing* ini bisa mengurangi rongga-rongga yang ada di dalam komposit sehingga dihasilkan komposit yang berkualitas baik.



Terdapat bermacam-macam proses *curing*, antara lain dengan: Oven, Minyak Panas, Lampu, Uap Panas, Autoclave, dan Microwave. (Hara, 1990)

Proses *Curing* dengan Oven menggunakan oven bertenaga listrik atau gas dengan sirkulasi udara panas. Model ini tergolong mahal dan dapat digunakan dalam skala besar. Tekanan (press) sering ditambahkan dalam proses ini dengan shrink tape atau dengan sebuah kantong vacum. Energi yang digunakan jelas lebih besar dibanding proses *curing* yang lain. Hal ini disebabkan karena energi dipakai untuk memanaskan seluruh ruang termasuk udara, casing, penyangga oven bahkan lantai juga ikut terkena panas. Proses *Curing* dengan Minyak Panas sering dipakai pada komposit atau matrik dengan waktu sangat cepat, biasanya membutuhkan waktu kurang dari 15 menit. Minyak panas digunakan untuk mendapatkan pemanasan yang sangat cepat. Suhu *curing* pada metode ini berkisar antara 150-240°C.

Proses *Curing* dengan Lampu digunakan pada komposit yang permukaannya memantulkan cahaya. Panasnya mencapai sekitar 170°C. Selain mudah digunakan, penanganan yang tepat juga diperlukan agar proses *curing* bisa merata pada seluruh bahan komposit. Metode lain pada proses ini menggunakan lampu xenon (Pulsed Xenon Lamp), dimana katalis yang dipakai adalah katalis yang peka terhadap cahaya.

Proses *Curing* dengan Steam/Uap memakai uap sebagai sumber panas. Pada proses ini memakai beberapa saluran pipa untuk sirkulasi air dan udara. Pada ujung mandrel besi (alat penggulung serat) terdapat alat pengatur jalannya air dan uap. Setelah katup dibuka, uap panas mengalir dan disirkulasikan melalui mandrel berongga (hollow mandrel) untuk melakukan proses *curing*.

Setelah proses *curing* selesai, air dingin dialirkan untuk mendinginkan mandrel. Proses *Curing* dengan Autoclave digunakan untuk mendapatkan komposit berkualitas baik untuk



bahan pesawat luar angkasa maka perlu memakai proses *curing* autoclave, dengan bantuan ruang hampa udara (vacum). Meskipun tidak digunakan dalam produksi massal, cara ini mampu menghasilkan tekanan 1,4 - 2,1 MPa dan temperatur sekitar 371°C.

Kelemahan dari proses *curing* ini adalah lamanya proses dan tidak dapat digunakan dalam produksi massal. Proses *Curing* dengan Microwave memberikan keuntungan yang signifikan, terutama pada serat glass dan serat aramid. Panas bisa diserap dengan cepat oleh matrik/resin dan seratnya. Energi yang digunakan dalam proses ini tidak sedikit dan membutuhkan biaya yang cukup besar.

Proses *curing* dengan microwave tidak bisa digunakan pada bahan yang bersifat konduktif, seperti serat karbon. Proses *curing* memiliki beberapa tujuan, yaitu memobilisasi molekul matrik agar bereaksi secara sempurna, membuang unsur air atau bahan yang mudah menguap lainnya, memberi kesempatan resin untuk mengalir sehingga dicapai distribusi yang merata yang dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit, mereaksikan kembali katalis yang tidak bereaksi dibawah suhu kritis. (ASM Handbook, 2001)

2.11. Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya membahas tentang pengaruh poli(amino amid) terhadap kekuatan tarik dan stabilitas termal polimer *blend* epoksi/poli (amino amid). Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui proses *blend* dan proses *curing* epoksi/poli amino amid serta pengaruh poliamino amid terhadap kekuatan tarik, dan stabilitas termal polimer *blend* epoksi/poli amino amid serta morfologinya. Hasil yang didapat adalah perubahan warna dan *curing* yang tidak sempurna dari berbagai variasi yang ada. Dan dapat dilihat untuk temperatur 75°C, 100°C, 125°C, dan 150°. Berdasarkan tabel diatas, ternyata temperatur yang dipilih masih belum dapat membuat epoksi berpolimerisasi sempurna. Maka kita uji epoksi tersebut dengan pengujian DSC (



Differential Scanning Calorimetry), karena menurut Fei chen,dkk tahun 2008 untuk mebuat polimerisasi epoksi harus dilakukan pemanasan melebihi temperature glass-nya. Dan hasil yang didapat , Tg dari epoksi pada temperature 2000 °C.

Oleh karena itu dibuatlah sampel sampai temperatur 250°C. Dengan tahapan 50°C, 100°C, 150°C, 200°C, dan 250°C. Masing-masing di holding selama 1 jam. Dengan komposisi epoksi yang dicampur 100%, 80%, 60%, 40%, 20% dan 100% Poliamine. Dan ternyata hasilnya adalah epoksi yang terpolimerisasi sempurna dengan poliamine yang berfungsi sebagai *hardener* hanya terjadi pada komposisi 40%, 60%, dan 80% epoksi. Karena untuk 100% epoksi selama pemanasan tidak mengalami polimerisasi, dan tetap berbentuk liquid. Bahkan viscositasnya menjadi lebih kecil dari sebelumnya (menjadi lebih encer). Hal ini disebabkan, epoksi adalah monomer yang membutuhkan tambahan jenis polimer lain untuk menjadi penggabungnya (*hardener*).

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut. Komposisi polimer blend yang mengalami polimerisasi sempurna dengan proses *curing* temperatur 250°C hanya pada E/PA(20), E/PA(40), dan E/PA(60).

Hasil pengujian FTIR menunjukkan hasil polimerisasi polimer blend epoksi/poliamino amid mempunyai rantai amin pada daerah serapan 3296 cm^{-1} , dan rantai khas epoksi C-H aromatik pada 1607 cm^{-1} . Temperatur Tg dari bahan epoksi yang digunakan berada pada 200°C. Hasil pengujian uji tarik menunjukkan bahwa semakin tinggi komposisi pada polimer blend, maka semakin rendah kuat tarik dan modulus Young, akan tetapi akan meningkatkan keuletan dari material tersebut. Penambahan Poliamino amid dapat meningkatkan fleksibilitas polimer epoksi.

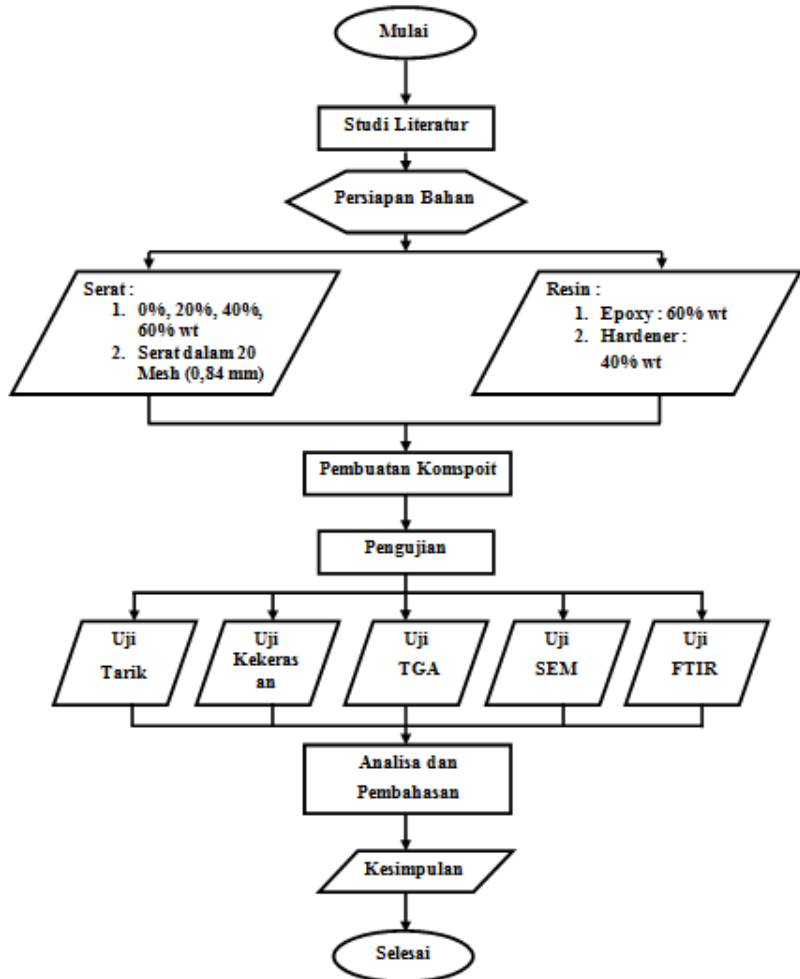
Hasil Pengujian SEM menunjukkan struktur yang homogen pada hasil *curing* polimer blend epoksi/poliamino amid. Stabilitas termal ditentukan oleh komposisi poliamino amid,



semakin tinggi akan semakin rendah sifat stabilitas termalnya
(Nurimam, 2012)

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.



3.2 Bahan Penelitian

Dalam suatu penelitian diperlukan bahan untuk menunjang keberhasilan suatu penelitian tersebut. Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar dibawah ini.

1. Epoksi

Epoksi merupakan bahan utama untuk campuran polimer ini, yaitu berupa cairan kental berwarna transparan. Epoksi yang ditampilkan pada Gambar 3.2 didapatkan dari PT. Justus Kimiaraya Surabaya dengan tipe Eposchon-A.



Gambar 3.2 Epoksi Eposchon-A

2. Katalis PAA

Katalis PAA / Poli (Amino Amid) merupakan bahan katalis untuk campuran menggunakan Epoksi yang berbentuk cairan berwarna bening. Katalis ini diperoleh dari PT. Justus Kimiaraya Surabaya dengan merk jual Eposchon-B seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Katalis Eposchon-B.



3. Cangang Sawit



Gambar 3.4 Cangang Sawit.

3.3 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Wadah Aluminium
Wadah aluminium digunakan untuk proses pencampuran material.
2. Timbangan Digital
Timbangan digital pocket digunakan untuk menimbang massa bahan campuran.
3. Sendok
Sendok digunakan untuk mengambil material untuk dicampur.
4. Cetakan Kayu
Cetakan Kayu digunakan untuk membuat spesimen pengujian.



5. Instrumen *Thermogravimetric Analysis* (TGA)
Digunakan untuk mengukur stabilitas termal dari komposit biobased ini.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah komposisi pengisi (Serat Cangkang Kelapa Sawit) terhadap matriks Komposit Epoksi dengan presentase matriks Epoksi 60%, katalis 40%, dan pengisi 0%, 20%, 40%, dan 60%..

3.5 Prosedur Penelitian

Untuk menghasilkan hasil penelitian yang sesuai dengan harapan, maka penelitian ini memiliki beberapa tahap percobaan yang akan dilakukan hingga didapatkan hasil berupa komposit :

1. Mempersiapkan semua alat dan bahan.
2. Mengukur massa campuran matriks polimer dengan perbandingan komposisi massa (Epoksi / PAA) 60/40 dengan variasi pengisi Serat Cangkang Kelapa Sawit 0%, 20%, 40%, dan 60% ukuran 20 mesh (0,84mm).
3. Mencampurkan matriks Epoksi dengan variasi pengisi dan diaduk menggunakan manual stirring selama 5 menit hingga homogen pada temperatur kamar.
4. Menuangkan hasil campuran ke dalam cetakan kayu untuk dijadikan spesimen sesuai pengujian.
5. Spesimen di-curing di ruangan pada temperatur kamar 5 jam, tanpa ada pemberian laju pemanasan.
6. Melakukan pengujian mekanik, biodegradasi, dan temperature terhadap spesimen.



3.6 Pengujian

1. Pengujian *Thermogravimetric Analysis* (TGA).

Pengujian dilakukan untuk mengetahui stabilitas termal dari hasil campuran polimer komposit. Pada prinsipnya metode ini mengukur berkurangnya massa material ketika dipanaskan dari temperatur kamar hingga temperatur tinggi. Alat TGA pada Gambar 3.5 dilengkapi dengan timbangan mikro di dalamnya sehingga secara otomatis berat sampel setiap saat bisa terekam dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Pelaksanaan pengujian ini dilakukan dengan menempatkan sampel di atas meja putar yang ada di dalam mesin. Selanjutnya dilakukan pengisian data berat awal untuk masing – masing sampel ke dalam sistem komputer di mana berat maksimal 20 mg. Kondisi dalam mesin dialiri udara kering dari tabung gas dengan kecepatan pengaliran tertentu. Program pengoperasian mesin berupa kecepatan pemanasan, jarak temperatur, dan pendinginan dilakukan dengan melalui pemasukan data ke komputer. Analisa dilakukan dengan menaikkan temperatur secara bertahap dan analisa berat terhadap temperatur, sehingga didapatkan kurva hasil pengujian berupa fungsi temperatur terhadap berat sampel.



Gambar 3.5 Instrumen *Thermogravimetric Analysis* (TGA).

2. Pengujian Kekerasan

Pengujian ini digunakan untuk menganalisis tingkat kekerasan dari sampel polimer komposit epoksi menggunakan alat *Durometer Shore D* seperti pada Gambar 3.6. Dimensi spesimen



dan prosedur yang dilakukan menggunakan sumber acuan standar ASTM D2240 - *Durometer Hardness*. Dimana ketebalan minimal sampel yaitu 6 mm seperti pada Gambar 3.7. *Durometer* ini bekerja mengukur ketahanan material terhadap penetrasi indenter seperti jarum berpegas. Skala yang digunakan pada pengujian ini adalah dalam nilai Shore D.



Gambar 3.6 Alat Durometer Shore D



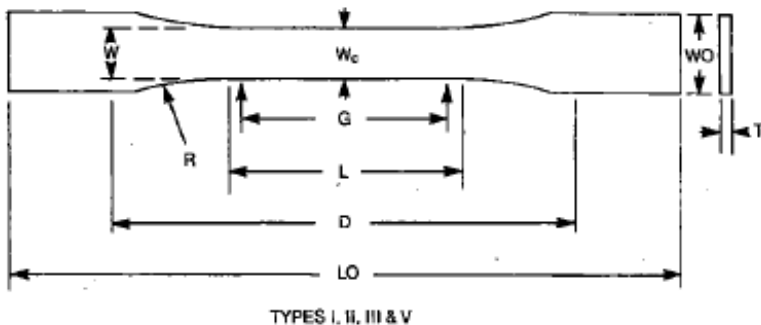
Gambar 3.7 Pengujian Kekerasan Material Polimer Komposit Serat Cangkang Kelapa Sawit

3. Uji Tarik

Uji tarik yang akan dilakukan pada praktikum ini sesuai dengan standar American Society for Testing Materials (ASTM)



D638 tipe I, dengan menggunakan mesin Uji tarik yang ditunjukkan pada Gambar 3.8. Uji tarik dengan spesimen polimer rigid menggunakan standar ASTM D638 untuk menganalisa perilaku polimer dengan pembebanan hingga kekuatan tarik maksimum dengan dimensi yang ditunjukkan pada Gambar 3.8 dan Dimensi cetakan pada Gambar 3.9 dan penjelasan kriteria dimensi setiap tipe pada Tabel 3.1



Gambar 3.8 Dimensi Spesimen Uji Tarik (ASTM D 638)

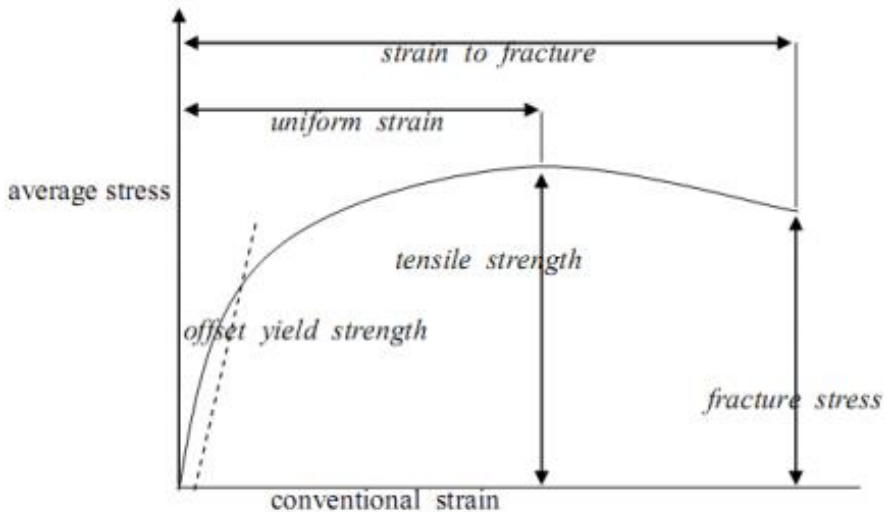
Tabel 3.1 Kriteria Dimensi Spesimen Uji Tarik (ASTM D 638).

Dimensi	Tipe I (mm)	Tipe II (mm)	Tipe III (mm)	Tipe V (mm)	Toleransi (mm)
W	13	6	19	3.18	± 0.5
L	57	57	57	9.53	± 0.5
WO	19	19	29	9.53	± 6.4
LO	165	183	246	63.5	Min
G	50	50	50	7.62	± 0.25
D	115	135	115	25.4	± 5
R	76	76	76	12.7	± 1
T	≤ 7	≤ 7	7 - 14	≤ 4	-



Gambar 3.9 Cetakan Spesimen Uji Tarik (ASTM D 638)

Hasil pengujian tarik adalah kurva antara ΔF dan Δl . Kemudian akan diubah menjadi kurva engineering stress-strain, seperti Gambar 3.10



Gambar 3.10 Kurva Tegangan Regangan (ASTM D 638)



Gambar 3.11 Mesin Uji Tarik (ASTM D 638)

Untuk mendapatkan kurva engineering stress-strain dari kurva antara ΔF dan Δl adaah dengan persamaan :

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ Persamaan 3.1}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \text{ Persamaan 3.2}$$

σ = Engineering Stress (N/mm²)

F = Beban yang diberikan (N)

A = Luas penampang (mm²)

ε = Strain (tidak bersatuan, dinyatakan dalam persentase)

ΔL = Perubahan panjang (mm)

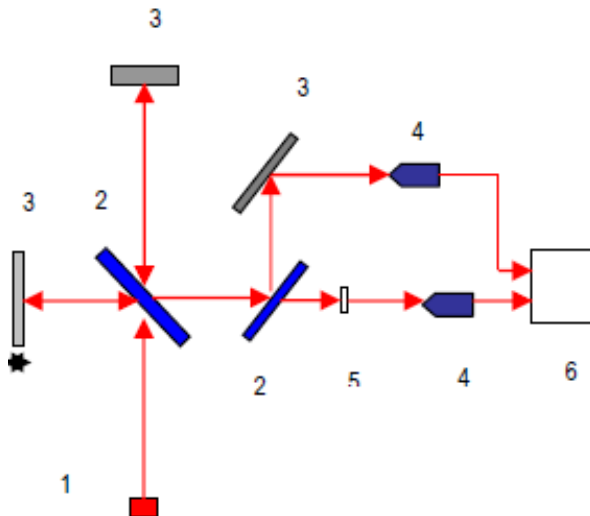
L = Panjang setelah pembebanan (mm)

4. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*

FTIR merupakan instrument yang menggunakan prinsip spektroskopi. Spektroskopi adalah spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya (Anam. 2007). Spektroskopi inframerah berguna untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks yang terdiri dari banyak puncak-puncak



(Chusnul. 2011). Spektrum inframerah dihasilkan dari pentransmisian cahaya yang melewati sampel, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrum inframerah yang diperoleh kemudian diplot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}) (Marcott (1986) ,Anam (2007)).



Gambar 3.12 Skema alat spektroskopi FTIR (Anam dkk, 2007)

Gambar 3.12 menunjukkan skema alat spektroskopi, angka 1 menunjukkan sumber inframerah yang ditembakkan ke pembagi berkas (beam splitter), lalu inframerah diteruskan ke sampel uji (5), setelah melewati benda uji kemudian melewati sensor inframerah, dan menghasilkan gambar akhir (Anam dkk, 2007).

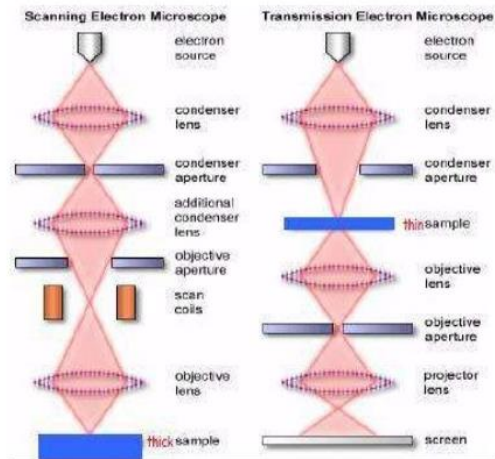
Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui informasi terkait ikatan kimia yang ada. Ikatan kimia tersebut diindikasikan dengan puncak-puncak yang berbeda. Spesimen yang digunakan untuk pengujian FTIR berupa cuplikan kecil dari material yang dibuat. Mesin uji FTIR yang digunakan adalah Nicolet IS10. Sampel



diletakkan *sample holder*, kemudian *detector* didekatkan pada sampel. Pastikan sampel uji memiliki permukaan yang rata dan ketebalan yang sama.

5. Uji Morfologi *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Metoda SEM digunakan untuk mengetahui morfologi dari suatu material berdasarkan standar ASTM E986. SEM sangat cocok digunakan dalam situasi yang membutuhkan pengamatan permukaan kasar dengan pembesaran berkisar antara 20 kali sampai 500.000 kali. SEM terdiri dari sebuah senapan elektron yang memproduksi berkas elektron pada tegangan dipercepat sebesar 2 – 30 kV. Berkas elektron tersebut dilewatkan pada beberapa lensa elektromagnetik untuk menghasilkan gambar berukuran $<10\text{nm}$ pada sampel yang ditampilkan dalam bentuk film fotografi atau ke dalam tabung layar. [Trewin, 1988]. Diagram skematik dan cara kerja SEM ditunjukkan oleh Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Diagram skematik cara kerja SEM (Singgih, 2015)

Cara kerja SEM adalah dengan menembakkan elektron dari *electron gun* lalu melewati *condensing lenses* dan pancaran



elektron akan diperkuat dengan sebuah kumparan, setelah itu elektron akan difokuskan ke sampel oleh lensa objektif yang ada dibagian bawah. Pantulan elektron yang mengenai permukaan sampel akan ditangkap oleh *backscattered electron detector* dan *secondary electron detector* yang kemudian diterjemahkan dalam bentuk gambar pada display.

Sewaktu berkas elektron menumbuk permukaan sampel sejumlah elektron direfleksikan sebagai *backscattered electron* (BSE) dan yang lain membebaskan energi rendah *secondary electron* (SE). Elektron – elektron BSE dan SE yang direfleksikan dan dipancarkan sampel dikumpulkan oleh sebuah *scintillator* yang memancarkan sebuah pulsa cahaya pada elektron yang datang. Cahaya yang dipancarkan kemudian diubah menjadi sinyal listrik dan diperbesar oleh *photomultiplier*.



Gambar 3.14 Proses pelapisan sampel menggunakan *autofine-coater JFC-1100*

Setelah melalui proses pembesaran sinyal tersebut dikirim ke bagian *grid* tabung sinar katoda. *Scintillator* biasanya memiliki potensial positif sebesar 5 – 10 kV untuk mempercepat energi rendah yang dipancarkan elektron agar cukup untuk



mengemisikan cahaya tampak ketika menumbuk *scintillator* (Nuha Desi, 2008).

Mesin SEM yang digunakan adalah Inspect S50. Sampel yang digunakan dilengketkan pada *holder* dengan menggunakan selotip karbon *double tape*. Kemudian dimasukkan ke dalam alat pelapis *autofine-coater* JFC-1100 untuk melapisi sampel dengan lapisan tipis Au-Pd (80:20) ditunjukkan oleh Gambar 3.14. Lalu, sampel dimasukkan dalam *specimen chamber* pada alat SEM. Perbesaran yang digunakan adalah 100 – 3000 kali.

3.7 Rancangan Penelitian

Untuk memperoleh data yang sistematis, maka dari penelitian ini akan dibuat rancangan penelitian dan rancangan jadwal penelitian seperti pada Tabel 3.2

Tabel 3. 2 Rancangan Penelitian

Material (%Massa)			Pengujian				
Epoksi	PAA	Filler	Uji Tarik	Uji Kekerasan	Uji TGA	Uji SEM	UJI FTIR
60	40	0	√	√	√	√	√
48	32	20	√	√	√	√	√
36	24	40	√	√	√	√	√
24	16	60	√	√	√	√	√



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini merupakan rekayasa polimer komposit epoksi berbasis bio dengan campuran material berbahan dasar serat alam. Material yang digunakan sebagai campuran, yaitu serat cangkang kelapa sawit. Penelitian ini dilakukan dengan mencampurkan epoksi resin dan masing-masing material campuran. Penelitian ini menghasilkan campuran berupa polimer *blend* yaitu, Epoksi/PAA/Serat (60/40/0), Epoksi/PAA/Serat (48/32/20), Epoksi/PAA/Serat (36/24/40), dan Epoksi/PAA/Serat (24/16/60). Polimer *blend* yang dihasilkan kemudian dilakukan analisa untuk diketahui sifat mekaniknya.

4.1 Pengaruh Pengisi Serat Cangkang Sawit terhadap Struktur Ikatan Epoksi dengan Analisa FTIR.

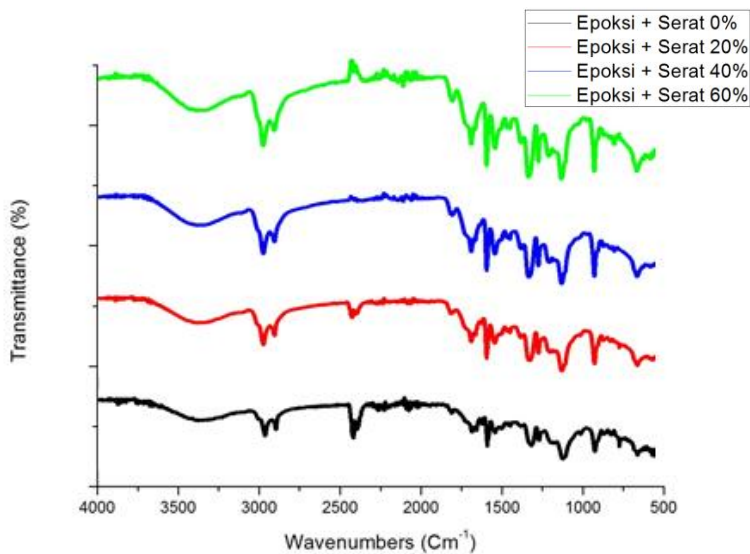
Analisa FTIR bertujuan untuk mengamati gugus fungsi dan ikatan kimia yang terbentuk dari material polimer komposit epoksi Serat cangkang sawit. Analisa FTIR dilakukan terhadap masing-masing spesimen polimer komposit dengan mengamati gugus fungsi serta ikatan kimia yang muncul.

Pada Gambar 4.1 menunjukan daerah puncak serapan sinar inframerah dari polimer komposit epoksi cangkang sawit. Daerah serapan sinar inframerah dengan garis spektrum berwarna merah merupakan material polimer komposit epoksi serat cangkang sawit 20%. Pada puncak serapan $3340,86\text{ cm}^{-1}$ menunjukan ikatan O-H yang mengalami peregangan. Kemudian terdapat ikatan C-H yang mengalami peregangan pada puncak serapan 2919 cm^{-1} , dan $2850,12\text{ cm}^{-1}$.

Fenomena tersebut menunjukan adanya gugus fungsi alkana (CH_2 atau CH_3). Kemudian terdapat ikatan C=O yang bergetar pada puncak serapan $2357,70\text{ cm}^{-1}$ dan $2341,52\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukan gugus fungsi dari cincin aromatic atau *aromatic*



homocyclic. Pada puncak serapan $1734,74\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan $\text{C}=\text{C}$ yang mengalami deformasi yang merupakan gugus fungsi alkena. Pada puncak serapan $1507,66\text{ cm}^{-1}$ terdapat ikatan $\text{C}-\text{C}$ yang mengalami deformasi yang menunjukkan adanya gugus fungsi cincin aromatic. Pada puncak serapan $1032,59\text{ cm}^{-1}$ terdapat ikatan $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ yang mengalami peregangan merupakan gugus fungsi dari eter aromatik. Kemudian terjadi peregangan ikatan $\text{C}-\text{O}$ pada puncak serapan 826 cm^{-1} yang menunjukkan gugus fungsi oxirane. Pada puncak serapan $769,72\text{ cm}^{-1}$ ikatan $\text{O}-\text{H}$ mengalami deformasi yang merupakan gugus fungsi alkena. Pada puncak $668,42\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan $\text{C}-\text{H}$ yang mengalami deformasi yang menunjukkan adanya cincin aromatic.



Gambar 4.1 Spektrum FTIR Polimer Komposit Epoksi Cangkang Sawit.

Spektrum FTIR epoksi dapat diidentifikasi dengan dominasi dari grup alkana $-\text{CH}_2$ dan $-\text{CH}_3$ pada daerah serapan 2919 cm^{-1} , $2850,12\text{ cm}^{-1}$. Kemudian cincin aromatic yang muncul pada



daerah serapan $2357,70 \text{ cm}^{-1}$ dan $2341,52 \text{ cm}^{-1}$. Daerah serapan $1734,74 \text{ cm}^{-1}$ diidentifikasi dengan adanya ikatan $\text{C}=\text{O}$ *stretching* dan terdapat grup $-\text{C}-\text{O}-\text{C}$ pada daerah $1291,72 \text{ cm}^{-1}$

Gambar 4.1 menunjukkan adanya daerah puncak serapan baru yang muncul pada polimer komposit epoksi cangkang sawit, yaitu pada daerah puncak serapan $1180,51 \text{ cm}^{-1} - 1032,59 \text{ cm}^{-1}$. Daerah puncak serapan rentang $1230 \text{ cm}^{-1} - 1250 \text{ cm}^{-1}$ merupakan daerah serapan ikatan $\text{C}-\text{H}$ *defleksi* dengan gugus fungsi cincin benzena dengan 4 atom H bebas. Daerah serapan $1230 \text{ cm}^{-1} - 1250 \text{ cm}^{-1}$ merupakan daerah serapan ikatan $\text{C}-\text{H}$ *defleksi* dengan gugus fungsi cincin benzena dengan 5 atom H bebas (Mistry, 2009).

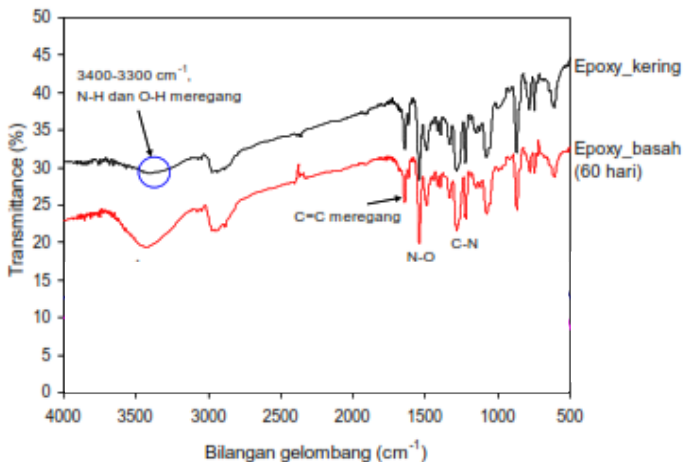
Tabel 4.1 Puncak Serapan, Ikatan Kimia, dan Gugus Fungsi Epoksi

Gelombang	Ikatan
3340.86	O-H and stretching
2919	C-H stretching(alkana)
1734.74	C=C stretching(lignin)
1507.66	C-C stretching
1032.59	C-O-C stretching
826	C-O stretching(Cellulose; hemi-cellulose; lignin)
769,72	O-H deformation
668.42	C-H deformation

Tabel 4.1 menunjukkan gugus fungsi dari campuran epoksi dengan Serat Cangkang Kelapa Sawit. Pada hasil



pengujian spektrum FTIR terlihat bahwa dengan penambahan komposisi Serat Cangkang Kelapa Sawit mengakibatkan pemutusan ikatan O-H dan C=C. Hal ini dapat dilihat dari penurunan peak gugus fungsi tersebut seiring dengan penambahan komposisi Serat Cangkang Kelapa Sawit. Pemutusan gugus fungsi tersebut diasumsikan karena ikatan O-H dan C=C pada epoksi berikatan kimia dengan Serat Cangkang Kelapa Sawit yang kemudian membuat ikatan dan network baru seperti yang terlihat pada Tabel 4.1. Pemutusan ikatan ini terjadi ketika pencampuran matriks. Sehingga reaksi kimia banyak terjadi pada campuran matriks. Pada ikatan yang terjadi pada uji FTIR membuktikan bahwa campuran yang terjadi adalah campuran epoksi (C_2H_3O-) yang ditandai dengan adanya ikatan C-H dan C-O-C.



Gambar 4.2 Spektrum FTIR EPOXY Kondisi Kering dan Basah
(Gozali, 2015)

Pengujian FTIR pada spesimen kering dan spesimen basah dilakukan baik pada epoxy, dan spectrum hasil uji seperti pada Gambar 4.2. Pada epoxy terjadi serapan yang cukup lebar seperti



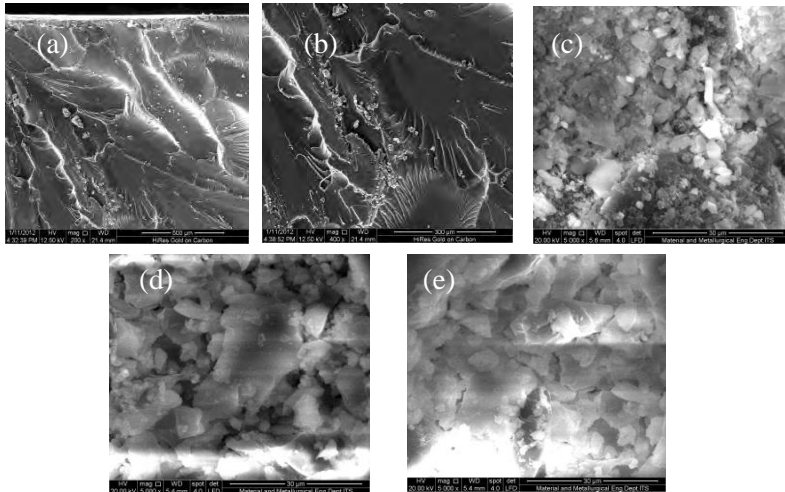
pada bilangan gelombang $3600 - 300 \text{ cm}^{-1}$, yang menunjukkan adanya peregangan pada gugus O-H atau N-H (*amine*). Kemudian juga terjadi serapan pada bilangan gelombang sekitar $3000 - 2800 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan peregangan C-H pada gugus *aromatic* dan alkana. Puncak serapan yang tajam terjadi pada bilangan gelombang $1680 - 1640 \text{ cm}^{-1}$, $1550 - 1475 \text{ cm}^{-1}$, $1335 - 1250 \text{ cm}^{-1}$, dan $900 - 675 \text{ cm}^{-1}$, yang masing-masing merupakan peregangan gugus-gugus C=C, NO, C-N, dan C-H. Gugus-gugus tersebut seperti terlihat pada struktur kimia epoxy mampu menyerap radiasi infra merah. Bila dilihat pada kondisi kering dan kondisi basah pada spectrum FTIR epoxy, perbedaan yang mencolok terjadi pada bilangan gelombang $3600 - 3300 \text{ cm}^{-1}$. Pada kondisi kering, serapan pada bilangan gelombang $3300 - 3600 \text{ cm}^{-1}$ lebih rendah dibanding pada kondisi basah dan serapan puncak bergeser ke arah bilangan gelombang 3450 cm^{-1} dari 3400 cm^{-1} . Hal ini mungkin disebabkan adanya tambahan gugus hidroksil dari air yang terikat baik secara ikatan hidrogen atau van der Waals yang ikut teregang saat radiasi (Gozali, 2015).

4.2 Analisa Morfologi Pengujian SEM (Scanning Electron Microscope) Material Polimer Komposit Epoksi.

Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) bertujuan untuk mengetahui morfologi dari material polimer komposit terhadap matriks epoksi dan keseragaman ikatan antara epoksi dan pengisi serat cangkang kelapa sawit secara mikro. Analisa morfologi dilakukan menggunakan menggunakan mesin FEI INSPECT S50 dengan tegangan 10.000 kV dengan hamburan elektron dalam membentuk bayangan pada daerah penampang melintang (cross section) polimer komposit epoksi. Pengujian dilakukan di Laboratorium Karakteristik Material Departemen Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Adapun cara kerja dari SEM adalah *electron gun* memproduksi *electron beam*, anoda menangkap *electron beam* untuk kemudian diarahkan ke sampel kemudian serangkaian lensa magnetic



memfokuskan beam ini dan menembakkan ke sampel, *scanner* membaca struktur permukaan sampel selanjutnya menangkap sinyal dari *secondary* dan *back scattered electron* untuk dikirim ke sistem kontrol sehingga dapat dilihat gambarnya pada monitor dan dapat dicetak bila diperlukan (Michler, 2008).



Gambar 4.3 Mikrograf SEM Polimer Komposit Epoksi Sereat Cangkang Sawit, (a) Hasil SEM E/S 0% perbesaran 200X, (b) Hasil SEM E/S 0% perbesaran 400X, (c) Hasil SEM E/S 20% perbesaran 5000X, (d) Hasil SEM E/S 40% perbesaran 5000X, (e) Hasil SEM E/S 60% perbesaran 5000X.

Pada Gambar 4.3 Gambar (a) dan (b) diatas menunjukkan hasil patahan E/S(0%). Terlihat bahwa pola patahan yang dihasilkan adalah patahan getas, dikarenakan halusnya penampang permukaan. Ini juga mempunyai korelasi dengan hasil uji tarik yang mana pada komposisi ini mempunyai UTS yang tinggi, sehingga sifat getasnya juga lebih tinggi dari yang lain.



Gambar (c) menunjukkan morfologi *cross sectional area* dari polimer komposit epoksi serat cangkang sawit 20%. Terlihat pengaruh ikatan Serat Cangkang Sawit terhadap epoksi yang terlihat menggumpal dan berikatan dengan epoksi secara halus dan rapat. Gambar (d) morfologi *cross sectional area* dari polimer komposit epoksi cangkang sawit 40% menunjukkan tekstur yang hampir sama dengan polimer komposit cangkang sawit 20%, namun terlihat lebih kasar dan tidak berikatan secara rapat, sehingga memberikan pengaruh terhadap turunnya sifat kekuatan tarik dari Polimer komposit cangkang sawit. Gambar (e) menunjukkan morfologi *cross sectional area* dari polimer komposit epoksi serat cangkang sawit 60%. Terlihat bahwa pengaruh ikatan serat cangkang sawit terhadap epoksi tidak begitu rapat dan merata, hampir sama dengan gambar (d), akan tetapi gambar (e) lebih terlihat rapat jika dibandingkan dengan gambar (d).

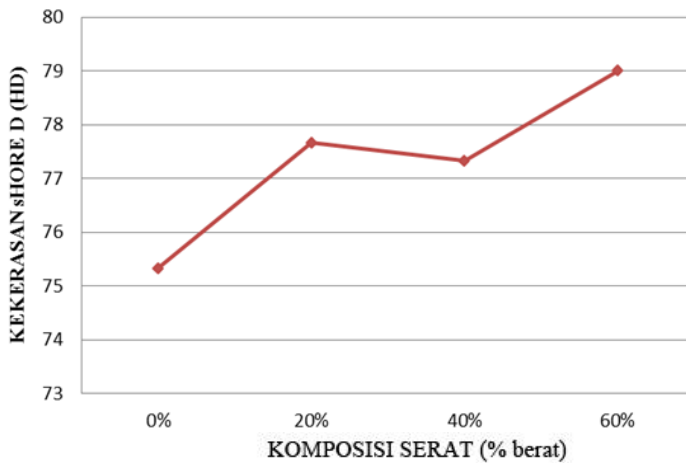
4.3 Pengaruh Pengisi Material Serat Alam terhadap Sifat Kekerasan Epoksi.

Pengujian kekerasan material Serat Alam epoksi dilakukan dengan menggunakan alat durometer shore D dengan standard pengujian ASTM D2240 dengan indentor baja berbentuk tabung silinder. Pengujian dilakukan pada 3 titik indentasi pada setiap spesimen, kemudian diambil nilai rata – rata dari hasil indentasi tersebut. Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui pengaruh pengisi material serat alam terhadap sifat kekerasan epoksi.

Hasil pengujian kekerasan *Material polimer komposit* epoksi ditunjukkan pada Gambar 4.4. Material epoksi murni yang ditunjukkan pada grafik memiliki rata-rata nilai kekerasan sebesar 75,33 HD. Kemudian, Material polimer komposit epoksi berpengisi serat alam 20% yang ditunjukkan dengan grafik memiliki rata-rata nilai kekerasan sebesar 77,66 HD. Material Polimer komposit epoksi berpengisi serat alam 40% yang ditunjukkan dengan grafik memiliki rata-rata nilai kekerasan



sebesar 77,33 HD. Kemudian, Material polimer komposit epoksi berpengisi serat alam 60% yang ditunjukkan dengan grafik memiliki rata-rata nilai kekerasan sebesar 79 HD .



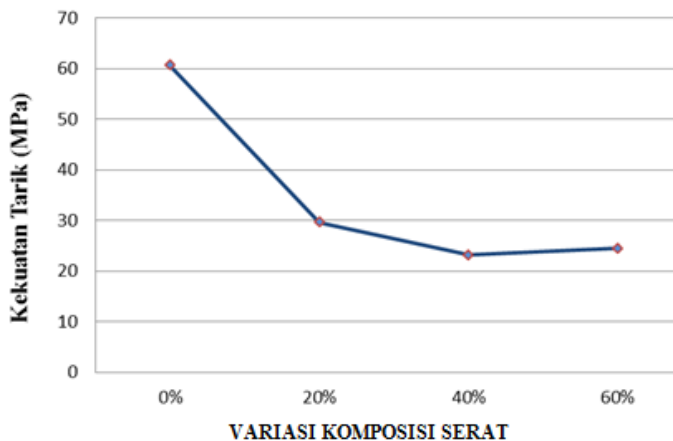
Gambar 4.4 Pengaruh Pengisi Serat Alam terhadap Kekerasan Polimer Komposit Epoksi

Berdasarkan pengujian kekerasan yang telah dilakukan, Variasi material Polimer Komposit Epoksi serat alam 40% dan 60% memiliki kemampuan meningkatkan sifat kekerasan epoksi. Sedangkan material polimer komposit serat alam 0% dan 40% memiliki pengaruh turunnya nilai kekerasan dari epoksi. Sifat kekerasan pada material meningkat dengan bertambahnya variasi serat. Sifat kekerasan material polimer komposit epoksi tertinggi yaitu material epoksi berpengisi serat cangkang sawit 20% dan 60% dengan nilai kekerasan 77,66 HD dan 79 HD.



4.4 Pengaruh Penambahan Serat Alam terhadap Sifat Kekuatan Tarik Maksimum Terhadap Polimer Komposit Epoksi.

Pengujian kekuatan tarik dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan Serat Alam terhadap sifat kekuatan tarik Polimer Komposit epoksi. Pengujian kekuatan tarik polimer epoksi dilakukan menggunakan mesin uji tarik dengan standard pengujian ASTM D 638 tipe I. Sampel yang diujikan memiliki ketebalan rata-rata 6 mm, lebar rata-rata *gage area* 13 mm, dan panjang total sampel rata-rata 165 mm. Hasil pengujian kekuatan tarik ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Pengaruh Pengisi Serat Alam terhadap Kekuatan Tarik Polimer Komposit Epoksi

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, polimer komposit variasi pengisi 0% memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 60,6 MPa. Kemudian material polimer berpengisi serat alam 20% pada grafik memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 29,6 MPa. Material polimer komposit berpengisi serat alam 40% pada grafik memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 23,19 MPa. Kemudian



material polimer komposit epoksi berpengisi serat alam 60% pada grafik memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 24,45 MPa. Menurut data SNI 03-2105-2006 kekuatan tarik minimum papan partikel adalah 3,1 kgf/cm², Sedangkan kekuatan tarik dari penelitian ini adalah 29,6 MPa (301,83 kgf/cm²). Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, material ini sesuai dengan standar SNI 03-2105-2006. Semakin bertambah serat maka sifat kekerasan dari material menurun.

Seperti dijelaskan pada Gambar 4.5 seiring bertambahnya serat cangkang sawit maka kekuatan tarik dari material makin menurun. Kenaikan rata-rata kekuatan tensil karena adanya serat (Liu, 2009). Serat yang tersebar mempengaruhi distribusi beban dan tegangan pada komposit. Namun, rata-rata kekuatan tarik mulai menurun saat banyaknya kandungan serat melewati komposisi 10wt% (Rajesh dan Prasad, 2013). Nilai kekuatan tarik yang diperoleh dipengaruhi oleh tingkat dispersi serat. Selanjutnya, jumlah komposisi serat juga menyebabkan adanya retakan di dalam. Keretakan menyebabkan transfer tegangan yang tidak seragam karena adanya serat di epoxy serat kelapa sawit (Liu, 2009).

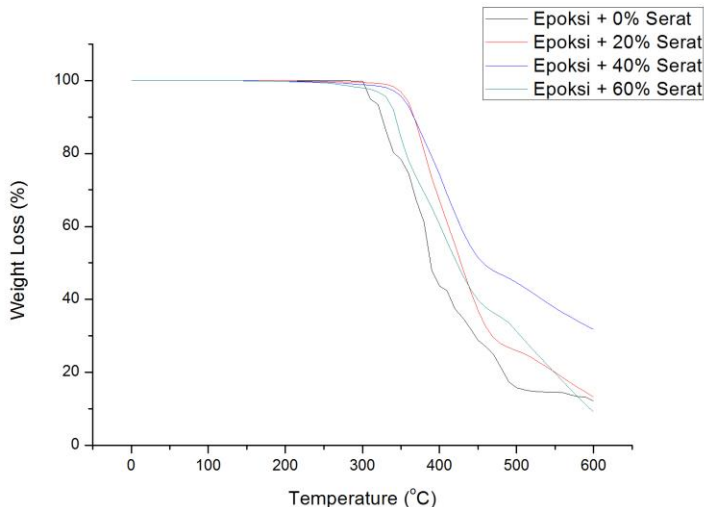
4.5 Pengaruh Variasi Serat Alam terhadap Kesetabilan Termal Polimer Komposit Epoksi

Stabilitas termal diketahui melalui perhitungan degradasi massa terhadap kenaikan temperatur menggunakan instrumen *Thermogravimetric Analysis* (TGA). Hasil dari TGA dapat digunakan untuk menyatakan batas temperatur kerja dari material sebelum mengalami degradasi. Temperatur pemanasan yang digunakan 25°C – 600 °C dengan laju pemanasan 10° C/menit.. Karakteristik dari parameter temperatur dipilih pada temperatur *onset*, dimana terjadi inisiasi pengurangan massa dan temperatur maksimum degradasi (T_{max}) yang merupakan temperatur tertinggi dari pengurangan massa (G.Silverajah, 2012).



Gambar 4.6 menunjukkan kurva *thermogravimetric analysis* (TGA) dari variasi komposisi Polimer Komposit Epoksi Serat Cangkang Kelapa Sawit. Kurva *thermogravimetric analysis* (TGA) dari variasi komposisi Serat Cangkang Kelapa Sawit menunjukkan penurunan presentase massa terhadap kenaikan temperatur. T_5 didapatkan dari penurunan presentase massa tepat saat massa dari polimer komposit epoksi berkurang 5% atau bersisa 95%. T_5 menunjukkan awal terjadinya dekomposisi suatu material polimer.

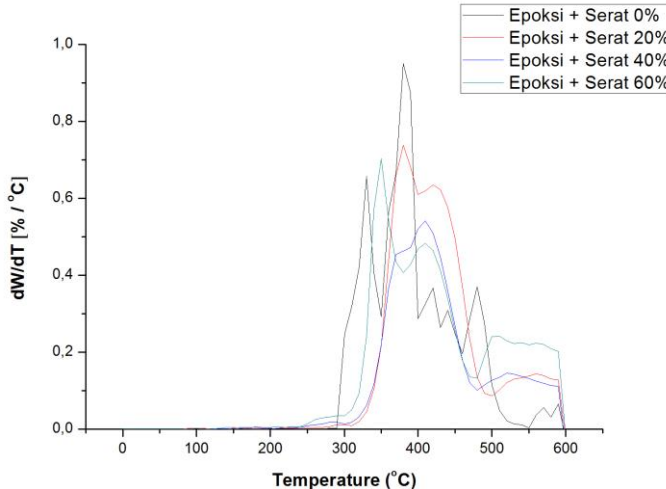
Gambar 4.6 menunjukkan titik T_5 dari variasi komposisi Polimer komposit epoksi cangkang sawit .Polimer Komposit Epoksi Serat Cangkang Kelapa Sawit 0% mengalami penurunan massa 5% atau titik T_5 pada temperatur 310 °C. Polimer Komposit Epoksi Serat Cangkang Kelapa Sawit 20% mengalami penurunan massa 5% atau titik T_5 pada temperatur 360 °C. Polimer Komposit Epoksi Serrat Cangkang Kelapa Sawit 40% mengalami penurunan massa 5% atau T_5 pada temperatur 350 °C.



Gambar 4.6 Kurva *Thermogravimetric Analysis* (TGA) dari Variasi Komposisi Polimer Komposit Serat Cangkang Sawit



Polimer Komposit Epoksi Serat Cangkang Kelapa Sawit 60 % mengalami penurunan massa 5% atau T_5 pada temperatur 330 °C.



Gambar 4.7 Kurva *Derivative Thermogravimetric* (DTG) dari Variasi Komposisi Serat Cangkang Sawit.

Gambar 4.7 menunjukkan kurva *Derivative Thermo - gravimetric* (DTG) dari variasi komposisi Cangkang sawit. Kurva *Derivative Thermo -gravimetric* (DTG) dari variasi komposisi Serat Cangkang Kelapa Sawit menunjukkan penurunan presentase massa per temperatur terhadap kenaikan temperatur. Temperatur akhir terjadinya dekomposisi polimer ditunjukkan oleh temperatur maksimum penurunan presentase massa per temperatur terhadap kenaikan temperatur yang disebut T_{maks} .

Gambar 4.7 menunjukkan Polimer Komposit Serat Cangkang Kelapa Sawit 0% mengalami T_{maks} pada temperatur 380 °C. Polimer Komposit Serat Cangkang Kelapa Sawit 20% mengalami T_{maks} pada temperatur 380 °C. Polimer Komposit Serat Cangkang Kelapa Sawit 40% mengalami T_{maks} pada temperatur 410 °C.



Polimer Komposit Serat Cangkang Kelapa Sawit 60% mengalami T_{maks} pada temperatur 350 °C.

Tabel 4.2 Pengaruh Pengisi Serat Cangkang Kelapa Sawit terhadap Temperatur Dekomposisi T_5 dan T_{maks} dari Polimer Epoksi.

Material	T_5 (°C)	T_{maks} (°C)
Epoksi/Serat 0%	310.0	380.0
Epoksi/Serat 20%	360.0	380.0
Epoksi/Serat 40%	350.0	410.0
Epoksi/Serat 60%	330.0	350.0

Tabel 4.2 menunjukan variasi T_5 dan T_{maks} dari variasi komposisi Serat Cangkang Kelapa Sawit. Variasi komposisi Serat Cangkang Sawit 20%, Serat 40%, dan Serat 60% meningkatkan kesetabilan temperatur dari Polimer Komposit Epoksi. Polimer Komposit Epoksi Serat Cangkang Kelapa Sawit memiliki kesetabilan temperatur tertinggi dengan T_5 360 °C.

Tahap pertama terjadinya dekomposisi terjadi pada temperatur berkisar 140-390°C yang merupakan fenomena penguapan dan dekomposisi dari senyawa yang tidak berikatan. Kemudian tahap kedua dekomposisi terjadi pada temperatur 320-450°C dengan degradasi yang cepat dan merupakan fenomena degradasi dari struktur *crosslink* polimer. Kemudian diatas temperature 450°C merupakan tahap terakhir dekomposisi atau dapat disebut juga degradasi material residu (Chengguo Liu et al, 2014)



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian Polimer Komposit Epoksi dengan variasi pengisi Cangkang Sawit 0%, 20%, 40%, dan 60% didapatkan kesimpulan :

1. Kekerasan polimer komposit epoksi meningkat dengan variasi pengisi serat cangkang sawit 20, 40, dan 60%. Kekerasan tertinggi terdapat pada polimer komposit epoksi dengan pengisi serat cangkang sawit 60% sebesar 79 HD.
2. Kekuatan tarik polimer epoksi mengalami penurunan dengan variasi pengisi serat cangkang sawit 20%, 40%, dan 60%. Kekuatan tarik tertinggi terdapat pada polimer komposit epoksi serat cangkang sawit dan 20% sebesar 29,6 Mpa ($301,83 \text{ kgf/cm}^2$) sesuai dengan standar SNI 03-2105-2006.
3. Stabilitas temperatur polimer epoksi meningkat dengan variasi pengisi serat cangkang sawit 20, 40, dan 60%. Stabilitas temperatur tertinggi terdapat pada polimer komposit epoksi serat cangkang sawit 20%.

Berdasarkan kesimpulan yang telah diperoleh, polimer komposit epoksi serat cangkang sawit memiliki sifat mekanik yang baik dan ramah terhadap lingkungan, sehingga dapat digunakan sebagai kandidat pengganti papan partikel dan sesuai dengan SNI 03-2105-2006.

5.2 Saran

Penelitian polimer komposit epoksi dengan variasi pengisi sumber daya alam terbarukan memiliki saran untuk penelitian berikutnya :



1. Menggunakan metode lain untuk perhitungan biodegradasi polimer.
2. Menambahkan presentase massa sebagai variabel penelitian.
3. Memfokuskan penelitian pada polimer komposit epoksi dengan variasi serat cangkang kelapa sawit 0%, 20%, 40%, dan 60%.

DAFTAR PUSTAKA

- Nasution, Zainal. 2013. **Characterization And Identification Of Functional Group Of Palm Shell Carbon By Using Methano-Pyrolysis Method.** Medan : Balai Riset dan Standarisasi Industri Medan.
- Nurdiana, Dian. 2005. **Sifat Fisis-Mekanis Papan Partikel Dari Kombinasi Limbah Shaving Kulit Samak Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Konsentrasi Perekat Berbeda.** Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Autar K.Kaw. 2006. **Mechanic of Composite Materials Second Edition.** London : Taylor & Francis Group.
- Charles dan E.Carraher Jr. 2003. **Polymer Chemistry.** New York : Marcel Dekker, Inc.
- F.C Campbell. 2010. **Structural Composite Material.** USA : ASM International.
- Fakhari Alireza, Rahmat Abdul Razak, Wahit Mat Uzir, Mustapha S.H.N, dan Tajulruddin W.N Wan. 2015. **Mechanical properties of hybrid thermosets from vinyl ester resin and acrylated epoxidized palm oil (AEPO).** Trans Tech Publications, Applied Mechanics and Materials Vol.695 73 – 76.
- George Odian. 2004. **Principles of Polymerization.** New York : John Wiley & Sons.
- Goodman, S.H. 1998. **Handbook of Thermoplastic.** USA : Noyes Publications.
- Kutz Myer. 2017. **Applied Plastic Engineering Handbook.** United States : William Andrew & Elsevier Inc.
- L.H Sperling. 2006. **Introduction to Physical Polymer Science.** New York : John Wiley & Sons.

- Malcomn P, Stevens. 1999. **Polymer Chemistry an Introduction**. England : Oxford University Press.
- Mella, Y.Rodriguez, Moran, Thais Lopez, Quintela, M.A.Lopez, Lazzari Massimo. 2014. **Durability of an Industrial Epoxy Vinyl Ester Resin Used for the Fabrication of a Contemporary Art Sculpture**. Elsevier, Polymer Degradation and Stability, 1-8.
- Mistry, B.D. 2009. **A Handbook of Spectroscopic Data Chemistry**. India : Oxford Book Company.
- Peters, S.T. 1998. **Handbooks of Composites**. London : Chapman & Hall.
- Rohman Abdul. 2016. **Lipid : Sifat Fisika-Kimia dan Analisisnya**. Yogyakarta : Pustaka Belajar.
- Silverajah V.S.G, Nor Azowa Ibrahim, Norhazlin Zainuddin, Wan Md Zin Wan Yunus, and Hazimah Abu Hassan. 2012. **Mechanical, Thermal and Morphological Properties of Poly(lactic acid)/Epoxidized Palm Oil Blend**. Journal Molecules, 17, 11729-11747.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran A

Perhitungan Komposisi

Spesimen Uji Tarik

1. Epoksi /Poli(Amino Amid)/Serat 0%

Massa Rancangan : 30 gr

Komposisi (%)

- | | |
|-----------------------------|-------|
| 1. Serat | : 0 % |
| 2. Resin Epoksi | : 60% |
| 3. Katalis Poli(Amino Amid) | : 40% |

Komposisi Massa (gr)

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. Serat | : $0\% \times 30 \text{ gr} = 0 \text{ gr}$ |
| 2. Resin Epoksi | : $60\% \times 30 \text{ gr} = 18 \text{ gr}$ |
| 3. Katalis Poli(Amino Amid) | : $40\% \times 30 \text{ gr} = 12 \text{ gr}$ |
| Massa Total | : 30 gr |

Metode :

Waktu Pengadukan : 5 menit

Waktu *Curing* : 2 jam.

Hasil :

Massa Spesimen : 23.15 gr

2. Epoksi /Poli(Amino Amid)/Serat 20%

Massa Rancangan : 30 gr

Komposisi (%)

- | | |
|-----------------------------|--------|
| 1. Serat | : 20 % |
| 2. Resin Epoksi | : 60% |
| 3. Katalis Poli(Amino Amid) | : 40% |

Komposisi Massa (gr)

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. Serat | : $20\% \times 30 \text{ gr} = 6 \text{ gr}$ |
| 2. Resin Epoksi | : $60\% \times 24 \text{ gr} = 14,4 \text{ gr}$ |
| 3. Katalis Poli(Amino Amid) | : $40\% \times 24 \text{ gr} := 9,6 \text{ gr}$ |
| Massa Total | : 30 gr |

Metode :

Waktu Pengadukan : 5 menit

Waktu *Curing* : 1 jam

Hasil :

Massa Spesimen : 23.98 gr

3. Epoksi/Poli(Amino Amid)/Serat 40%

Massa Rancangan : 30 gr

Komposisi (%)

- | | |
|-----------------------------|--------|
| 1. Serat | : 40 % |
| 2. Resin Epoksi | : 60% |
| 3. Katalis Poli(Amino Amid) | : 40% |

Komposisi Massa (gr)

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. Serat | : $40\% \times 30 \text{ gr} = 12 \text{ gr}$ |
| 2. Resin Epoksi | : $60\% \times 18 \text{ gr} = 10,8 \text{ gr}$ |
| 3. Katalis Poli(Amino Amid) | : $40\% \times 18 \text{ gr} := 7,2 \text{ gr}$ |
| Massa Total | : 30 gr |

Metode :

Waktu Pengadukan : 5 menit

Waktu *Curing* : 2 jam

Hasil :

Massa Spesimen : 24.91 gr

4. Epoksi/Poli(Amino Amid)/Serat 60%

Massa Rancangan : 30 gr

Komposisi (%)

- | | |
|-----------------------------|--------|
| 1. Serat | : 60 % |
| 2. Resin Epoksi | : 60% |
| 3. Katalis Poli(Amino Amid) | : 40% |

Komposisi Massa (gr)

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. Serat | : $60\% \times 30 \text{ gr} = 18 \text{ gr}$ |
| 2. Resin Epoksi | : $60\% \times 12 \text{ gr} = 7,2 \text{ gr}$ |
| 3. Katalis Poli(Amino Amid) | : $40\% \times 12 \text{ gr} := 4,8 \text{ gr}$ |
| Massa Total | : 30 gr |

Metode :

Waktu Pengadukan : 5 menit

Waktu *Curing* : 2 jam

Hasil :

Massa Spesimen : 24.73 gr

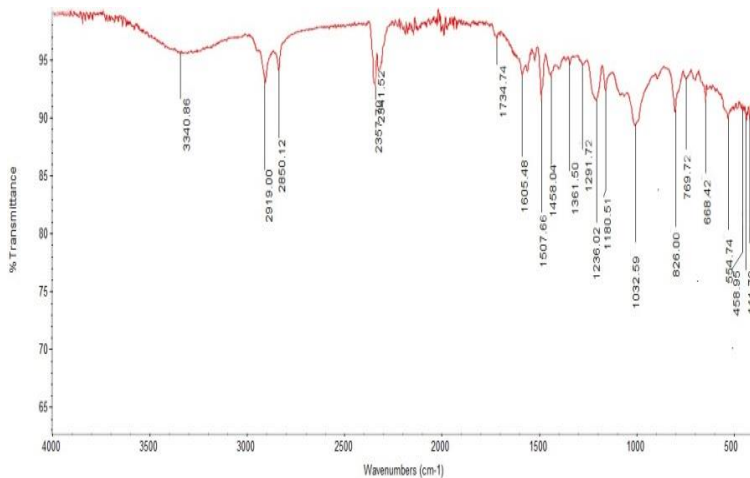
8,9400 gr

Lampiran B

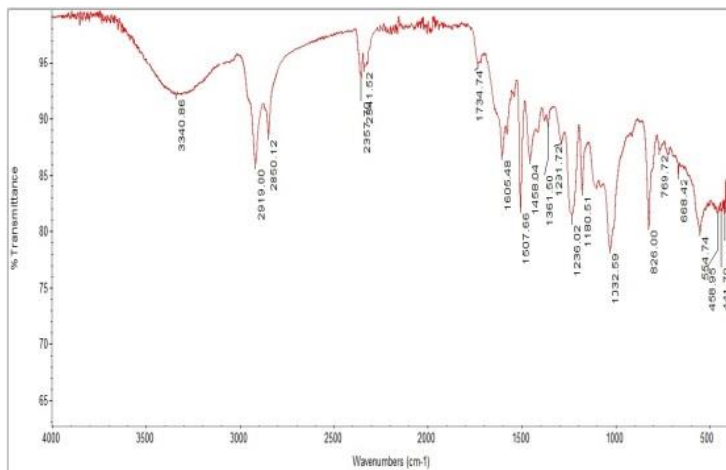
Pengujian

1. FTIR

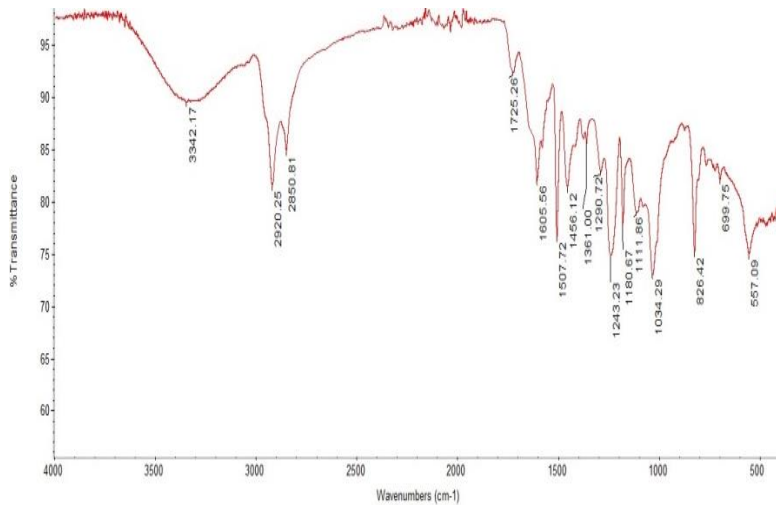
1. Epoksi/Poli(Amino Amid)/Serat 0%



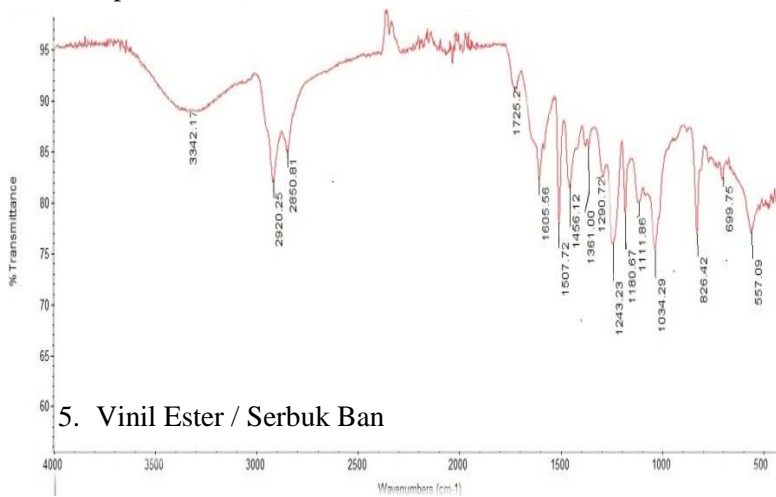
2. Epoksi/Poli(AminoAmid)/Serat 20%



3. Epoksi/Poli(Amino Amid)/Serat 40%



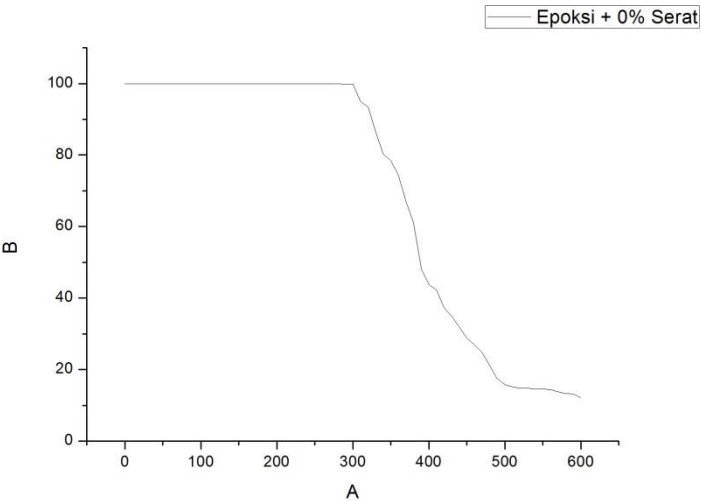
4. Epoksi/Poli(AminoAmid)/Serat 60%



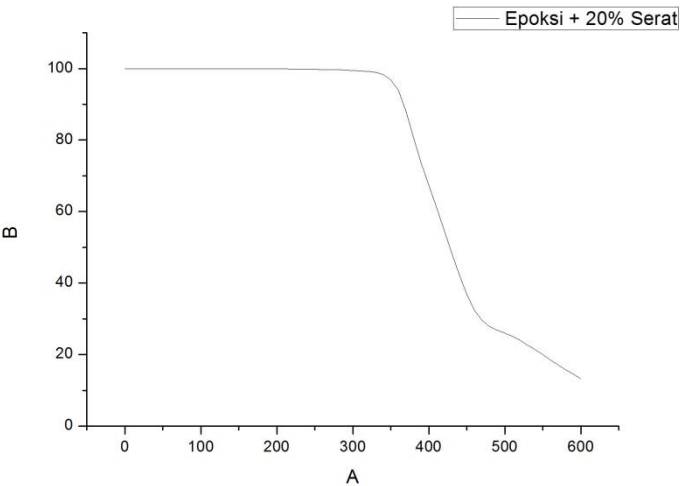
5. Vinil Ester / Serbuk Ban

2. TGA

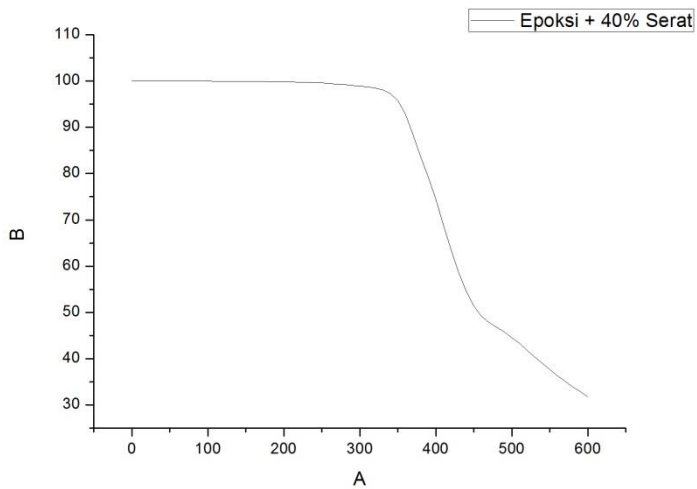
1. Epoksi/Poli(Amino Amid)/Serat 0%



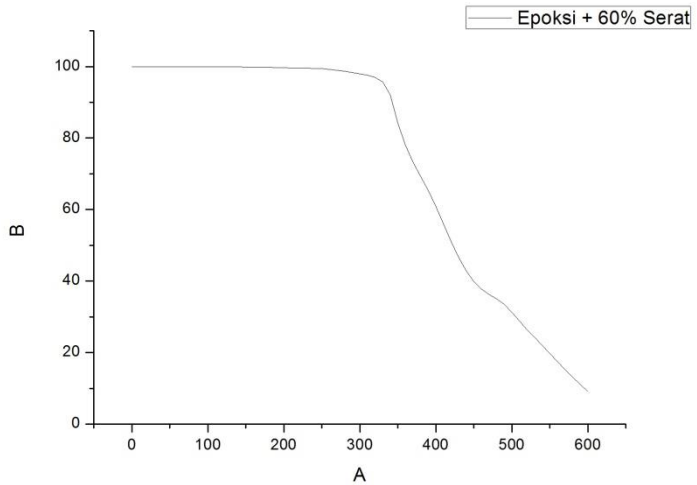
2. Epoksi/Poli(Amino Amid)/Serat 20%



3. Epoksi/Poli(Amino Amid)/Serat 40%



4. Epoksi/Poli(Amino Amid)/Serat 60%



BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Olga Leonev Vasdazara, lahir di Malang pada tanggal 28 Juli 1992 dari ayah bernama Edy Sutjipto dan ibu bernama Dewi Maslamah. Penulis adalah putra pertama dari 2 bersaudara dan telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri Pongangan 01 Gresik, lalu SMP Muhammadiyah 12 GKB Gresik, lalu SMA Muhammadiyah 1 Gresik. Penulis melanjutkan pendidikan tinggi Strata I (S1) di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Material dan Metalurgi 2010. Semasa kuliah, penulis aktif dalam berbagai kegiatan kemahasiswaan dan kepanitiaan di kampus antara lain sebagai Staff BSO Minat Bakat HMMT FTI ITS pada tahun pertama dan pada tahun kedua , Penulis juga memiliki pengalaman kerja praktek di PT. Petrokimia Gresik. Penulis mengambil topik mengenai material inovatif (Polymer Komposit) untuk tugas akhir di Departemen Teknik Material FTI-ITS.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)